

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-181242

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 5/10	Z	4240-5 J		
H 0 4 Q 7/34				
H 0 4 B 1/707				
		7605-5 K	H 0 4 B 7/ 26	1 0 6 A
			H 0 4 J 13/ 00	D
			審査請求 未請求	請求項の数17 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平5-324512

(22) 出願日 平成5年(1993)12月22日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 杉田 武弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

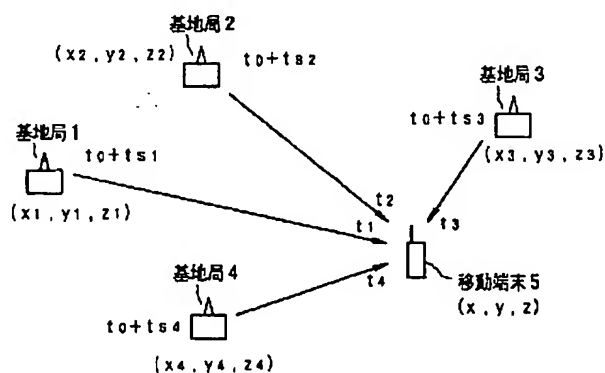
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 測位システム

(57) 【要約】

【構成】 CDMA方式デジタル移動通信システムにおける4つの基地局1、2、3、4の座標と上記4つの基地局1、2、3、4から移動端末5へ送信される信号の伝搬時間とを用いて、上記4つの基地局1、2、3、4のPN符号の送信時の時間差を得、上記移動端末5の位置を測定する。

【効果】 移動局に位置を簡易に求めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の基地局との間で CDMA 方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、

上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算して、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を求めることを特徴とする測位システム。

【請求項 2】 上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することを特徴とする請求項 1 記載の測位システム。

【請求項 3】 上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最短タイミングのスペクトル拡散信号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることを特徴とする請求項 2 記載の測位システム。

【請求項 4】 上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することを特徴とする請求項 1 又は 3 記載の測位システム。

【請求項 5】 上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することを特徴とする請求項 3 記載の測位システム。

【請求項 6】 上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシンク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記タイミン

グ抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることを特徴とする請求項 1 記載の測位システム。

【請求項 7】 上記シンク・チャンネルのメッセージには、所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とが含まれ、上記復調手段により復調されたデータから複数の基地局の送信時間の差分に対応する座標情報を抽出する座標情報抽出手段を設けることを特徴とする請求項 6 記載の測位システム。

【請求項 8】 上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージをチャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネルを介して送信することを特徴とする請求項 7 記載の測位システム。

【請求項 9】 上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージを測位専用チャンネルを介して送信することを特徴とする請求項 7 記載の測位システム。

【請求項 10】 上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする請求項 9 記載の測位システム。

【請求項 11】 上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することを特徴とする請求項 7、8、又は 9 記載の測位システム。

【請求項 12】 上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することを特徴とする請求項 9 記載の測位システム。

【請求項 13】 上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項 1 記載の測位システム。

【請求項 14】 上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項 13 記載の測位システム。

【請求項 15】 上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基

地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項 13 記載の測位システム。

【請求項 16】 上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする請求項 15 記載の測位システム。

【請求項 17】 上記移動局は上記移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、上記移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することを特徴とする請求項 1 記載の測位システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、移動局（移動端末）の位置を測位する測位システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、移動局或いは移動端末の測位を行う測位システムとしては、航法システムの一つであり、人工衛星から発射する電波を利用して位置情報を得る方法である GPS（グローバル・ポジショニング・システム）や、船舶のための電波による航行援助システムを利用する航法であって、陸上の送信局からの同一周波数の同期したパルス電波の到来時間差を測定して距離を求めるいわゆるロラン-C 等が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記 GPS やロラン-C を用いて測位を行う場合には、アンテナや別の受信機器等が必要となる。そこで、上記 GPS やロラン-C 等よりも、さらに簡易な測位システムとして、移動通信システムを利用して測位を行うことが好ましい。その具体例として、CDMA（符号分割多元接続：Code Division Multiple Access）方式のいわゆるデジタルセルラシステムを用いて測位を行う測位システムが考えられる。

【0004】 近年、情報の帯域幅より数百～数千倍もの広いスペクトル帯域に被変調波を拡散させて通信を行うスペクトル拡散通信方式、即ちいわゆる SS 方式が注目されている。このスペクトル拡散通信方式により、送信機側で搬送波（キャリア）が PN（疑似雑音）符号系列によって変調されて、周波数スペクトルが拡散される。また、受信機側では、送信機と同一構造の PN 符号系列発生器により発生する PN 系列を用いた逆拡散過程或いは相関過程を経た後、ベースバンド復調されることによりデータを得る。

【0005】 上記スペクトル拡散通信方式により受信機側で受信信号を復調するためには、受信信号の PN 系列のパターンが一致していること以外に、時間的にも一致していなければならない。即ち、発生タイミング或いは発生位相が一致していなければならない。よって、通信

回線を成立させることができるのは、同一系列で時間的にも位相が一致した場合のみである。このようなスペクトル拡散通信方式の特徴を利用し、同じ周波数帯を用いて、PN 系列の違いにより多数のチャンネルを使用することが可能となる。このようなスペクトル拡散通信方式の特徴を用いて PN 符号によってチャンネルの識別を実現し、多元接続を行う方式を CDMA 方式と呼ぶ。

【0006】 この CDMA 方式によるデジタル移動通信システムは音声通話を目的に構築されようとしているシステムであり、従来のアナログセルラと比較して非常に大きな通信容量、高品質な通話を実現することが特長である。この CDMA 方式デジタル移動通信システムは上述のスペクトル拡散通信方式により、複数の基地局からパイロット・チャンネルと呼ばれるチャンネルで拡散符号（パイロット PN 符号）が繰り返し送られているため、各基地局からの拡散符号の伝搬遅延時間差を測定すれば、基本的には移動局の測位を行うことは可能である。

【0007】 しかし、この CDMA 方式デジタル移動通信システムを用いた測位システムには、次のような問題点がある。

【0008】 先ず、移動端末側で測位を行う全ての測位システムに共通することであるが、測位用の電波の放射点の位置が判っていなければならない。CDMA 方式デジタル移動通信システムでは、この放射点は基地局にあたるが、その放射点の位置が移動局において予め判っている必要がある。

【0009】 また、CDMA 方式デジタル移動通信システムは音声通話のためのシステムであり、この本来のサービスに悪影響、例えば通信容量を損なうことなどが無いように、測位システムが実現されなければならない。

【0010】 ここで、移動通信システムの基本的な構成を図 20 に示す。図 20 に示す基地局 1、基地局 2、及び基地局 3 を含む領域（サービスエリア）201、202、203 は隙間無く並べられている。例えば、領域 203 内の基地局 3 から移動端末 204 へ送信する場合には、基地局 3 からの電波は公衆回線網により交換制御局 200 を介して移動端末 204 に送信される。

【0011】 これらの領域 201、202、203 の境界付近では、回線を接続できる基地局が複数存在することになるが、他の領域への干渉を小さく抑えるために各基地局 1、2、3 の送信電力は必要最小限に抑えられている。よって、ある領域の中央付近で、他の領域の回線を接続することができるほど、他の領域の基地局の送信電力は大きくない。

【0012】 図 21 はセルラに代表される陸上移動通信の電波伝搬の概略的な構成を示している。セルラの場合には、基地局、例えば基地局 4 のアンテナ高は数十メートルであり、それ程高くないため、郊外で見通しの良い

ところでないかぎり移動端末 204 に電波が直接届くことは無い。よって、通常は、ビル、山、及び崖等による反射波 RW を受信することになる。この場合には、図 21 に示すように、反射波 RW の伝搬距離は直接波 DW の伝搬距離よりも大きくなる。これが位置計算の障害となる。

【0013】図 22 は電波の伝搬距離と信号強度との関係を示す。移動端末 204 における基地局からの電波の強度、即ち信号強度は遠い基地局ほど小さくなる。遠い基地局は 10 km 以上になることも予想され、非常に弱い信号を検出しなければならない。

【0014】このように、人工衛星を用いた測位システムの場合、移動端末は人工衛星から直接届く直接波を受信して所在位置を計算するが、セルラのような地上通信の場合には、移動端末が基地局からの直接波を受信できることは稀であり、多くの場合は反射波を受信する。その場合に、位置計算に大きな誤差を生ずる可能性があり、これをいかに小さく抑えるかが重要となる。人工衛星を用いた測位システムの場合には、移動端末における各人工衛星からの電波強度は大きく違わないが、CDMA 方式デジタル移動通信システムを用いた場合には、移動端末における各基地局からの電波強度は大きく違っており、これに対して配慮しなければならない。

【0015】そこで、本発明は上述の実情に鑑み、従来よりも簡易な方法を用いて、移動端末において測位を行うことができる測位システムを提供するものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に係る測位システムは、複数の基地局との間で CDMA 方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を求めることにより上述した課題を解決する。

【0017】また、上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することを特徴とする。

【0018】さらに、上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最短タイミングのスペクトル拡散信

号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることを特徴とする。

【0019】また、上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することを特徴とする。

【0020】さらに、上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することを特徴とする。

【0021】ここで、上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシンク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記タイミング抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることを特徴とする。

【0022】また、上記シンク・チャンネルのメッセージには、所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とが含まれ、上記復調手段により復調されたデータから複数の基地局の送信時間の差分に対応する座標情報を抽出する座標情報抽出手段を設けることを特徴とする。

【0023】ここで、上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージをチャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネル又は測位専用チャンネルを介して送信することを特徴とする。

【0024】さらに、上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする。

【0025】尚、上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することを特徴とする。

【0026】そのうえ、上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することを特徴とする。

【0027】上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0028】また、上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0029】このとき、上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0030】また、上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする。

【0031】さらに、上記移動局はCDMA方式移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、CDMA方式移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することを特徴とする。

【0032】

【作用】本発明においては、移動局において、CDMA方式デジタル移動通信システムにおける複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、簡易に移動局の位置を求める。

【0033】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0034】図1は、本発明に係る測位システムの基地局からの送信の概略的な構成を示す。移動局の所在を特定するには最低3つの基地局からの信号を受信しなければならない。しかし、受信できる基地局が多ければそれだけ推定精度は向上する。よって、この図1では、基地局を4つとし、移動端末5、基地局1、基地局2、基地局3、基地局4の座標を、それぞれ (x, y, z) 、

(x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、

(x_3, y_3, z_3) 、 (x_4, y_4, z_4) とする。

【0035】ここで、図2に、各基地局の送信部の概略的な構成を示す。本発明の測位システムが適用されるCDMA方式デジタル移動通信システム、例えばいわ

るデジタルセルラシステムでは、複数の基地局間で送受信を行い、その送受信に用いられるスペクトル拡散信号には、送信時の基準タイミングに対する上記複数の基地局毎に設定された時間遅延量、具体的にはいわゆるパイロットPNオフセットが含まれることが特徴となっている。このCDMA方式デジタル移動通信システムにおける基地局から移動局方向（フォワード・リンク）への信号には、パイロット・チャンネル、シンク・チャンネル、ページング・チャンネル、トラフィック・チャンネルの4種類のコード・チャンネルが用意されている。パイロット・チャンネルはデータを含まずPN符号が繰り返して送られるチャンネルであり、移動端末5の同期獲得と維持、及びクロック再生のために用いられる。シンク・チャンネルは基地局と移動端末5との間で時刻情報及び長周期のPN符号を合わせるために使用される。ページング・チャンネルは最大7通りであり、ハンドオフに必要な情報、着信時の端末呼び出し情報、発信時の基地局からの応答情報、及びトラフィック・チャンネルの割り当て情報の送信に用いられるチャンネルである。トラフィック・チャンネルは最大64通りであり、通話時に使用される音声情報を送信するチャンネルである。

【0036】CDMA方式デジタル移動通信システムでは上記4つのチャンネルデータに掛け合わせる拡散符号を変えて多重化され、同一周波数で送られる。このシステムではPN符号と直交関数系のウォルシュ符号（Walsh Code）とを掛け合わせた符号が拡散符号となり、このウォルシュ符号を変えることで各チャンネルを生成している。

【0037】先ず、PN符号発生器6により発生されたPN符号は、乗算器7、8、10、12に送られる。パイロット・チャンネルのためのウォルシュ符号（Walsh Code 0）は常時ゼロであり、乗算器7を介したPN符号はそのままパイロット・チャンネルとしてチャンネル加算器14に送られることになる。よって、移動端末5において基地局から送信されるPN符号を検出するときには、パイロット・チャンネルの拡散符号のタイミングを検索する。また、シンク・チャンネル・データは、値が32のウォルシュ符号とPN符号とが乗算器8で乗算された値と乗算器9で乗算される。ページング・チャンネル・データは、値が1のウォルシュ符号とPN符号とが乗算器10で乗算された値と乗算器11で乗算される。トラフィック・チャンネル・データは、値がnのウォルシュ符号とPN符号とが乗算器12で乗算された値と乗算器13で乗算される。上記パイロット・チャンネル及びそれぞれの乗算器9、11、13で乗算されたチャンネルはチャンネル加算器14に送られた後、基地局の変調器へ送出される。

【0038】移動端末5ではPN符号発生器6が生成する拡散符号を選択することにより、パイロット・チャンネル以外の希望のコード・チャンネルのデータを復調す

る。CDMA方式デジタル移動通信システムは、他の方式の移動通信システムと異なり、隣合う領域、即ちサービスエリアを含めて全ての基地局が同一の周波数を使用する。このため、1周波数チャンネルを受信する一つの受信機で複数の基地局が送信するPN符号を検出できるので、測位を行うには非常に都合が良い。また、パイロットPNオフセットと呼ばれる基準タイミングからの遅延時間が基地局毎に予め決められていて、各基地局はPN符号を上記パイロットPNオフセット分だけ遅延して送信している。よって、スペクトル拡散においては、時間差を持たせて多重された信号であれば受信側で分離復調できるので、移動端末において複数の基地局からのPN符号を検出することが可能である。

【0039】次に、受信側である移動端末について説明する。CDMA方式デジタル移動通信システムを利用した測位システムでは、移動端末において各基地局が送信するパイロット・チャンネルを受信し、検出する。図3には、各基地局から送信されるパイロット・チャンネルを検出する検出回路の概略的な構成を示す。

【0040】基地局からの信号は移動端末のアンテナ15を介して受信機16に入力される。受信機16では、受信された周波数がマッチト・フィルタ17に最適な周波数にダウンコンバートされ、検波されて、マッチト・フィルタ17に入力される。マッチト・フィルタ17は予め決められた符号列、即ちPN符号との相関値を計算し、その相関の程度に応じた出力が得られる。

【0041】図4は上記マッチト・フィルタ17の出力の一例として、米国のCDMA方式デジタル移動通信システムによるPN符号の周期は約26.7msであり、上記マッチト・フィルタ17からの出力もその周期で特定の基地局に対応する出力となる。異なる基地局はPN符号を予め決められた送信時間の差分、具体的にはいわゆるパイロットPNオフセット分だけずらして送信している。このパイロットPNオフセットとは、スペクトル拡散信号の送信時の基準タイミングに対する各基地局毎に設定された時間遅延量のことである。よって、上記マッチト・フィルタ17からの出力も、パイロットPNオフセット分だけずれた時刻に検出される。

尚、各基地局1、2に対応する出力S1、S2が複数の

$$(x-x_1) \times 2 + (y-y_1) \times 2 + (z-z_1) \times 2 = (t_{p1} \times c) \times 2 \dots (1)$$

$$(x-x_2) \times 2 + (y-y_2) \times 2 + (z-z_2) \times 2 = (t_{p2} \times c) \times 2 \dots (2)$$

$$(x-x_3) \times 2 + (y-y_3) \times 2 + (z-z_3) \times 2 = (t_{p3} \times c) \times 2 \dots (3)$$

$$(x-x_4) \times 2 + (y-y_4) \times 2 + (z-z_4) \times 2 = (t_{p4} \times c) \times 2 \dots (4)$$

ここで、cは光速である。

【0046】上記(1)～(4)式において、未知数はx、y、z、 t_{p1} 、 t_{p2} 、 t_{p3} 、 t_{p4} の7個である。次に、各基地局がPN符号の先頭を送信する時刻はそれぞれ $t_0 + t_{s1}$ 、 $t_0 + t_{s2}$ 、 $t_0 + t_{s3}$ 、 $t_0 + t_{s4}$ である。これらの時刻によるPN符

ピークを持っているのは、複数の反射波によるいわゆるマルチパスが存在し、伝搬経路長差に応じた時間だけずらしてPN符号が検出されるためである。

【0042】図5には、各基地局から送信されるパイロット・チャンネルを検出するための回路の第2の概略的な構成を示す。アンテナ20を介して得られる基地局からの信号は受信機21でダウンコンバート及び検波され、乗算器22に入力される。一方、PN符号発生器23で発生されたPN符号も上記乗算器22に入力され、受信信号と掛け合わされる。この掛け合わされた信号は次に積算器24に入力され、各時刻の掛け算結果が足し合わされていく。上記積算器24では制御回路26のリセット信号によりリセットされてから入力信号を足し合わせ、その出力は制御回路26によりホールド回路25でホールドされ、相関結果が得られる。この相関結果は瞬間での相関値であり、PN符号1周期分の結果を得るためにはPN符号発生器23の出力を時間的にシフトさせて、上記一連の相関値を得る操作を繰り返す。ここで、制御回路26からPN符号発生器23に入力される信号はPN符号をシフトするための制御信号である。この検出回路を用いることにより図3に示す構成からの出力と同様の出力を得ることができるが、PN符号1周期分の結果を得るのに時間がかかる。しかし、回路規模が小さくて済むことが特徴である。

【0043】次に、測位方法について詳細に説明する。上記各基地局1、2、3、4から送信される信号の移動端末5までの伝搬時間を t_{p1} 、 t_{p2} 、 t_{p3} 、 t_{p4} とする。上記基地局1、2、3、4は予め決められたパイロットPNオフセット分だけずらしてPN符号を送信しており、その遅延時間を t_{s1} 、 t_{s2} 、 t_{s3} 、 t_{s4} とする。また、時間的にずらさないで送信する場合のPN符号を送信する時刻を t_0 とし、移動局の移動端末5が各基地局1、2、3、4のPN符号を受信する時刻を t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 とする。

【0044】よって、各基地局1、2、3、4と移動端末5との距離は伝搬時間に電波の速度、即ち光速をかけたものに等しいので、次の(1)～(4)式が得られる。ここでは、4つの基地局からのPN符号を検出できたとして説明している。

【0045】

号を移動端末5が受信する時刻には伝搬遅延が加わるので、それぞれの時刻は $t_0 + t_{s1} + t_{p1}$ 、 $t_0 + t_{s2} + t_{p2}$ 、 $t_0 + t_{s3} + t_{p3}$ 、 $t_0 + t_{s4} + t_{p4}$ となる。ここで、移動端末5内での処理時間は相殺されるため、上記それぞれの時刻では削除してある。

【0047】CDMA方式デジタル移動通信システム

では移動端末 5 の正確な時刻合わせは行なわれないため、移動端末 5 側では時刻 t_0 を判別することができない。従って、移動端末 5 が測定することができるのは、図 6 に示されるように各基地局の PN 符号が移動端末 5 に到来する時間差である。例えば、基地局 1 を基準にし

$$dt_2 = t_2 - t_1 = t_0 + ts_2 + tp_2 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_2 - ts_1 + tp_2 - tp_1 \cdots (5)$$

$$dt_3 = t_3 - t_1 = t_0 + ts_3 + tp_3 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_3 - ts_1 + tp_3 - tp_1 \cdots (6)$$

$$dt_4 = t_4 - t_1 = t_0 + ts_4 + tp_4 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_4 - ts_1 + tp_4 - tp_1 \cdots (7)$$

【0049】上記 (1) ~ (4) 式に上記 (5) ~

(7) 式を加えると合計 7 式になり、未知数は 7 個であるので解を得ることができる。また、5 つ以上の基地局からの PN 符号が検出された場合には、最小自乗法等を用いて解を求めることができ、基地局が 4 つの場合と比較して測位精度の向上が期待できる。

【0050】次に、スペクトル拡散信号の到来タイミングを決定するための PN 符号検出回路の概略的な構成を図 7 に示す。移動端末 5 において受信された信号は PN 符号相関器 30 で PN 符号との相関値が計算され出力される。この PN 符号相関器 30 は、具体的には図 3 又は図 5 に示した回路を用いる。この PN 符号相関器 30 から出力される相関値を c とし、この相関値 c を遅延回路 31 で遅延した信号を b 、この遅延信号 b を遅延回路 32 でさらに遅延した信号を a とする。また、閾値を d とする。比較器 33、34 を用いて、それぞれ $a < b$ 、 $c < b$ の条件で最高点を検出し、比較器 35 を用いて $b > d$ の条件で一定レベル以上のものを検出して、AND 回路 36 を介すことにより、時刻を記録するためのイネーブル信号 EN_1 として書き込み制御回路 37 に入力される。一方、時計、或いはタイマ 39 の値は書き込み制御回路 37 に入力される。書き込み制御回路 37 は、上記イネーブル信号である入力信号 EN_1 、及び後述する入力信号 EN_2 、 EN_3 が全てハイレベルの場合に、書き込み信号 WR を出力し、また、時計 39 からの値をメモリ等から成る記録媒体 38 へ記録する。

【0051】上記 CDMA 方式デジタル移動通信システムの受信側では、RAKE 受信機という技術を使用する。従来の移動通信システムでは、マルチパスが存在すると妨害となっていたが、CDMA 方式デジタル移動通信システムで用いられるスペクトル拡散技術では、マルチパスが存在しても各反射波に PN 符号のタイミングを合わせて逆拡散することによりそれぞれの反射波を別々に復調することができるため、マルチパスを復調し合成することで誤り率を改善する特徴がある。従って、CDMA 方式デジタル移動通信システムでは、より強いマルチパスを利用しようとする。即ち、マルチパスが存在し、PN 符号検出器に複数のピークが検出された場合には、エネルギーの大きい信号から選んで復調する。

【0052】これに対して、本発明の測位システムでは、各基地局からの複数のマルチパスのうち最も早い反射波の受信時刻を測位に利用する。測位システムにおい

た基地局 2、基地局 3、及び基地局 4 からの PN 符号の受信時の時間差 dt_2 、 dt_3 、 dt_4 は次の (5) ~ (7) 式に示ようになる。

【0048】

ては、基地局から移動端末までの直線距離を知ることが重要であり、遅延の小さなパスほど直接波に近く、伝搬時間に光速を掛けた値が基地局と移動端末の直線距離に近くなるためである。

【0053】図 8 は、上述のマルチパスのうちで最も早い反射波を受信する受信機の概略的な回路図である。ここで、PN 符号検出回路 40 は、図 7 に示す回路である。図 9 に示されるように、PN 符号検出器 40 からの出力 OD はマルチパスによって各基地局毎に固まって出現する。従って、このマルチパスから各反射波を検出する場合には、各基地局に対応した範囲を定め、その範囲内のみを調べる。これにより不要な範囲を調べることがない。上記 PN 符号検出器 40 は、図 9 の検出期間 IP を示す信号を入力信号 EN_2 として入力することにより、決められた範囲内の最高点のみが記録される。一方、D フリップフロップ 41 からの出力は NOT 回路 42 で反転され、この反転信号が入力信号 EN_3 として入力される。この D フリップフロップは検出期間 IP の先頭で発生されるリセット信号 RE により出力がローレベルとなり、検出期間 IP 内で最高点が検出される。次に、書き込み信号 WR が発生されるとハイレベルとなり、それ以後の記録が禁止される。このため、検出範囲内の先頭の最高点の受信時刻のみが記録される。図 5 に示すような PN 符号相関器の場合には、この PN 符号相関器内で発生される PN 符号のタイミングを進める方向で動作させれば、PN 符号の相関出力は図 9 で示される出力とは時間的に逆方向に出力される。その場合には、入力信号 EN_3 を使用する必要がない。即ち、同じ検出範囲内で最高点が検出されれば、重ね書きするようにしておけば良い。

【0054】上述のように、4 つの基地局のパイロット・チャンネルに含まれる PN 符号を検出するためには、遠くて信号強度の弱い PN 符号も検出しなければならない。図 5 に示す PN 符号相関器を用いた場合には、PN 符号長を長くしても、回路規模は殆ど大きくなり、相関をとる PN 符号長を変えることが容易である。但し、相関をとる PN 符号長を長くすれば遠くの基地局から届く弱い PN 符号まで検出することができるが、複数の基地局分の検出期間を一通り調べるのに時間がかかり過ぎてしまう。そこで、まず PN 符号長を比較的短くして PN 符号の検出を行う。これにより、基地局 4 つ分の PN 符号の検出ができれば、移動端末の位置を計算すること

ができる。また、基地局が4つに満たない場合には、PN符号長を長くして未検出範囲を調べることにより、あまり時間をかけずに遠い基地局まで検出することができる。さらに、後述するような方法で、各基地局のパイロットPNオフセットと基地局の位置情報とを保持することにより、信号の強い基地局の近傍に移動端末がいると考え、この移動端末の近傍の基地局からの各基地局の距離をもとに、検出できそうな基地局を選択して、検出期間を限定したり基地局毎にPN符号長を変えて相関をとったりすることで検出時間の短縮或いは検出能力、即ち感度を高めることも可能である。

【0055】1つの基地局からのマルチパスのうち最も早い反射波の受信時刻を記録したり、相関をとるPN符号長を長くすることで検出能力を高くしたりする方法について上述したが、信号強度が小さくてもできる限り早い反射波を見つけるためには相関をとるPN符号長を長くする必要がある。しかし、PN符号長を常時長くすると、検出に要する時間が長くなり過ぎる。そこで、時間がかからない程度のPN符号長で検出を行い、次にPN符号が検出されたタイミングの直前の短期間を符号長を長くして再検出することで早い反射波を検出する。これにより、早い信号強度の弱いPN符号を、検出時間をあまりかけずに検出することができる。また、移動端末における基地局4つ分のPN符号の受信時刻が測定でき、これにより移動端末の位置を上記(1)～(7)式を用いて計算したときに、通常の範囲を越えた解が得られた場合、或いは基地局5つ以上のPN符号の受信時刻が得られ、最小自乗法などを用いて解を求めた結果、誤差が大きいと判断された場合に、もっと早い反射波を見つけるために、PN符号長を長くして再検出を行っても良い。

【0056】上述したように、各基地局の位置を既知とした場合には、計算により移動端末の位置を特定することができる。しかし、CDMA方式デジタル移動通信システムにおいては、移動端末が基地局の位置を知る手段を有しておらず、新たにその手段を用意しなければならない。よって、この基地局の位置を知る手段として、移動端末内にパイロットPNオフセットから基地局の位置を求める変換テーブルを予め内蔵し、位置計算に使用する手段を用いる。

【0057】図10には、移動端末の受信回路の第1の概略的な構成を示す。移動端末の電源投入後、或いはリセット後、図7に示すような構成のPN符号検出器52でPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器50に送る。シンク・チャンネル復調器50は、上記入力されたタイミングにPN符号を合わせ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、パイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路51は、上記復調されたシンク・チャンネル・デ

ータからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路53に供給される。一方、PN符号検出器52は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路53に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路53はシンク・チャンネル復調器50が発生しているPN符号の復調タイミングとPN時間シフト量抽出回路51から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器52の検出結果から検出できた各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・を特定して基地局座標出力回路54に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・と受信時刻 t_1 、 t_2 、・・・とを位置計算回路55に供給する。各基地局のPN符号のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路54は位置計算回路55に各基地局の座標を供給する。位置計算回路55は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・、受信時刻 t_1 、 t_2 、・・・、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、・・・から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0058】次に、移動端末の受信回路の第2の概略的な構成を図11に示す。この第2の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の位置情報である座標情報を基地局からシンク・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局はシンク・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。

【0059】ここで、図12にCDMA方式デジタル移動通信システムにおける基地局から移動局方向へのメッセージのフォーマットを示す。このメッセージは、メッセージ長ML、メッセージ・タイプMTとデータDTとから成るメッセージ・ボディMB、及びエラー・チェック・ビットECにより構成される。このメッセージの内のメッセージ・タイプMTに、新たに基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを割り当てることによって、シンク・チャンネルを用いて上記データを移動端末に送ることが可能になる。

【0060】移動端末の電源投入後、或いはリセット後、移動端末はPN符号検出器62でPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器60に送る。シンク・チャンネル復調器60はそのタイミングにPN符号を合わせ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路61はその復調されたシンク・チャンネル・データからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロ

トPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路63に供給される。基地局座標情報抽出回路66は上記復調されたシンク・チャンネル・データから各基地局のパイロットPNオフセットに対応する基地局の座標情報を抽出し、基地局座標出力回路64に供給する。これにより、基地局座標出力回路64はパイロットPNオフセットと基地局の座標情報とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器62は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路63に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路63はシンク・チャンネル復調器60が発生しているPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路61から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器62の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路64に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路65に供給する。また、各基地局のPN符号のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路64は、位置計算回路65に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路65は各基地局のPN符号のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0061】次に、移動端末の受信回路の第3の概略的な構成を図13に示す。この第3の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の座標情報を基地局から既存のページング・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局はページング・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。移動端末の電源投入後、或いはリセット後、PN符号検出器72はPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器70に送る。シンク・チャンネル復調器70はそのタイミングにPN符号を合わせ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路71は上記復調されたシンク・チャンネル・データからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路73に供給される。

【0062】ページング・チャンネル復調器77はページング・チャンネルの復調を行い、この復調されたページング・チャンネル・データは基地局座標情報抽出回路76に供給される。基地局座標情報抽出回路76は各基地局のパイロットPNオフセットに対応する基地局の座

標情報を抽出し、基地局座標出力回路74に供給する。これにより、基地局座標出力回路74はパイロットPNオフセットと基地局の座標情報とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器72は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路73に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路73はシンク・チャンネル復調器70が発生しているPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路71から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器72の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路74に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路75に供給する。各基地局のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路74は、位置計算回路75に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路75は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0063】次に、移動端末の受信回路の第4の概略的な構成を図14に示す。この第4の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の座標情報を基地局から新たに設けた測位用データ・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局は新たに設けた測位用データ・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。上述した第2、第3の実施例では、CDMA方式デジタル移動通信システムに使用される既存のチャンネルを利用するため、CDMA方式デジタル移動通信システムに悪影響を与える可能性もある。即ち、CDMA方式デジタル移動通信システムの運用が開始されているところに、CDMA方式デジタル移動通信システム用チャンネルに新たなメッセージを設けることは、既に販売されている端末に障害を与えないとは言えず、既に売られている移動端末が新たなメッセージを全く無視して影響無く動作する保証はない。これに対して、専用のデータチャンネルを用意することにより、CDMA方式デジタル移動通信システムに与える悪影響の可能性を軽減することができる。

【0064】移動端末の電源投入後、或いはリセット後、PN符号検出器82はPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器80へ送る。シンク・チャンネル復調器80はそのタイミングにPN符号を合わせシンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路81はその復調されたデータ

からその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路83に供給される。測位専用チャンネル復調器87は測位専用チャンネルの復調を行い、測位専用チャンネル・データが基地局座標情報抽出回路86に供給される。基地局座標情報抽出回路86はパイロットPNオフセットに対応する基地局の座標情報を抽出し、基地局座標出力回路84に供給する。これにより、基地局座標出力回路84はパイロップNシフト量と基地局の座標とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器82は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路83に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路83はシンク・チャンネル復調器80が発生するPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路81から受け取るパイロットPNオフセットから基準のタイミングとを検出し、PN符号検出器82の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路84に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路85に供給する。各基地局のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路84は、位置計算回路85に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路85は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0065】上記第4の実施例では、基地局が新たに設けた測位用データ・チャンネルを用いて、自局を含めた周辺基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送る場合にビットレートを低くし、スペクトル拡散を行う際の拡散率を大きくすることによって、測位用データ・チャンネルの送信電力を小さく抑え、CDMA方式デジタル移動通信システム本来のサービスへの影響、例えばシステム容量の減少等を小さくする。測位用データ・チャンネルで送信するデータは少なくとも基地局10～20局分のパイロットPNシフト量及び位置情報であること、移動通信システムの電話端末とは異なり、初期化が終了するまでの時間に厳しくないこと、そしてこれらの情報は固定値であることからスペクトル拡散信号のデータレートは小さくて良い。具体的には、情報量は500ビット程度で、転送時間に数秒かかっても良いとすると、スペクトル拡散信号のデータレートは100bps或いはそれ以下になる。CDMA方式デジタル移動通信システムのスペクトル拡散率は100倍から300倍程度であるが、測位専用チャンネルの場合に、例えば10000倍以上にすることによって、既存のチャンネルの送信電力に比べて数十分の一以下、データレートによっては百分の一以下にできるので、本来のCDMA方式

デジタル移動通信システムには、ほとんど影響を与えないで済む。

【0066】また、上記第4の実施例で述べたように、各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とを新たに設けたデータ・チャンネルを用いて送信する場合には、自局の位置は省略せずにそのまま送り、周辺の基地局の位置については自局の位置との差を送るようにすれば、送信データ量を小さく抑えることができる。例えば、位置を局座標（緯度、経度、高度）を用いて1メートルまで表現するには65ビットが必要である。これに対して、例えば、周辺の基地局が緯度経度で+10～-10分、高度差で+1000～-1000メートルとすれば、上記必要な65ビットを43ビットに抑えることができる。

【0067】さらに、上記第2、第3、第4の実施例において、各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とを送信する場合には、基地局が n 局であるとする、図15に示されるように、自局データ DT_1 及びチェックビット CB_1 の後に、 n 局分の基地局データとチェックビットとが、基地局データ DT_2 、チェックビット CB_2 、 \dots 、基地局データ DT_n 、チェックビット CB_n の順に送信される。このように、各基地局に対応する情報毎に誤り検出又は誤り訂正符号を付けて送信する。このとき、移動端末が必要とするのは、PN符号を検出することができた基地局のパイロットPNオフセット及び位置情報であり、全ての基地局の情報を正しく受け取る必要は無い。ここで、移動通信においては送信データに誤りを生ずる可能性があり、ビット誤り率が一定であって、データ長が大きくなると、誤りが生ずる確率も大きくなる。従って、誤り検出又は誤り訂正符号を付けるデータの単位を小さくすれば、1つのデータ単位で誤りが生じる確率は小さくなる。これにより、移動端末は全てのPN符号を検出することができた基地局の情報を受け取ることができれば測位を行うことができる。

【0068】上記複数の実施例では、CDMA方式デジタル移動通信システムを用いて測位を行い、これによって移動端末側で自分自身の位置を知ることが可能になる方法について説明した。しかし、このままではRDS (Radio Determination Saterite Service) のようなサービスを提供することはできない。例えば、運送会社のセンタが各トラックの位置を管理しようとする場合には、なんらかの手段を用いて移動端末で測位した結果をセンタに送信しなければならない。そこで、CDMA方式デジタル移動通信システムで使用されているアクセス・チャンネルを用いて、測位データを転送する手段を用意することを考える。

【0069】図16は、受信機側のチャンネルの概略的な構成を示しており、アンテナ96で受信されたスペクトル拡散信号は、受信機95で各チャンネル毎に分割され、復調器に送られる。上記アクセス・チャンネルは、

移動通信システムの電話端末が発信する際の発信要求を送信したり、ページング・チャンネルを用いた基地局からのメッセージに対する応答メッセージを送信するために用いられる。このアクセス・チャンネルは1ページング・チャンネルに付き数チャンネルあるので、それぞれアクセス・チャンネル復調器90、アクセス・チャンネル復調器91、・・・に送られて復調される。このアクセス・チャンネルのフォーマットは、図17に示すようにメッセージ長ML、メッセージ・ボディMB、及びエラー・チェック・ビットECから成り、上記メッセージ・ボディMBは、メッセージ・タイプMT、測位データ番号DD、及び測位データDAにより構成される。このメッセージ・タイプMTに位置情報転送用のメッセージを割り当てることによって測位データの転送が可能になる。

【0070】図18には、アクセス・チャンネルを用いて測位を行う測位システムの構成を示す。移動端末5はアクセス・チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信された信号は複数の基地局に受信される可能性がある。例えば、基地局1、2、3に受信された信号は制御局100に送られ、この制御局100で測位データ中に含まれる測位データ番号DDにより重複データが削除された後、各ユーザ局101、102、103に転送される。

【0071】上述のようにアクセス・チャンネルを用いる場合には、移動通信システムの電話端末と本発明の測位用移動端末とを兼用する場合に不都合が生じる可能性がある。そこで、移動通信システムの電話端末は、通話中にトラフィック・チャンネルと呼ばれる通話チャンネルを使用していることから、通話中はトラフィック・チャンネルを用いて測位データの転送を行い、待ち受け状態である場合にはアクセス・チャンネルを用いて測位データの転送を行う。これにより、CDMA方式デジタル移動通信システムの電話端末と測位システム用の移動端末との両方に使用することができる端末を実現することができる。上記トラフィック・チャンネルのフォーマットは図17に示したアクセス・チャンネルのフォーマットと同様である。また、受信機側のチャンネルの概略的な構成は図16に示すものと同様であり、上記トラフィック・チャンネルもアクセス・チャンネルと同様に、1ページングチャンネルに付き数チャンネルあるので、それぞれトラフィック・チャンネル復調器92、トラフィック・チャンネル復調器93、・・・に送られて復調される。

【0072】さらに、CDMA方式デジタル移動通信システムで既に使用されているアクセス・チャンネル或いはトラフィック・チャンネルを用いて測位データを転送する場合には、移動通信システムの電話端末に悪い影響を与える可能性がある。そこで、測位データ専用チャンネルを用意することが考えられる。測位専用チャンネル

ルのフォーマットはCDMA方式デジタル移動通信システムの既存のチャンネルのフォーマットと同じにする必要はなく、少なくとも測位データ番号があれば良い。また、受信機側のチャンネルの構成には、図16に示すように測位専用チャンネル復調器94が設けられる。測位専用チャンネルを使用した測位システムも、図18に示した測位システムと同様であり、移動端末5は測位専用チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信信号は複数の基地局に受信される可能性があり、受信された信号は制御局1に送られて測位データ中に含まれる測位データ番号により重複データを削除され、ユーザ局101、102、103に転送される。

【0073】また、上記測位専用チャンネルを用いる場合には、ビットレート小さくして、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくし、送信電力を小さくすることによって、移動通信システムの電話端末への影響を小さく抑えることができる。

【0074】ここで、上述のように測位専用チャンネルをCDMA方式デジタル移動通信システムに設けて測位データを転送する場合に、測位専用チャンネルはCDMA方式デジタル移動通信システムの既存のチャンネルと同一周波数で測位データを転送するため、測位用移動端末が頻繁にデータを送信しようとするときには、移動通信システムの電話端末に悪影響が出て、通話品質の低下及びシステム・キャパシティの低下を招くことが予想される。そこで、CDMA方式デジタル移動通信システムとは独立した通信網を用い、この通信網を測位データ転送チャンネルとすることでこれを回避することができる。メッセージ・フォーマットはCDMA方式デジタル移動通信システムのチャンネルのフォーマットと同様にする必要はないが、少なくとも測位データ番号は必要である。測位データ転送チャンネルを使用した場合の測位システムは図19に示すようであり、移動端末5は測位データ転送チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信信号は別システムの基地局19に受信され、各ユーザ局101、102、103に転送される。

【0075】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明に係る測位システムは、複数の基地局との間でCDMA方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を簡易に求めることができる。

【0076】また、上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関

値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0077】さらに、上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最短タイミングのスペクトル拡散信号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0078】そのうえ、上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0079】さらに、上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0080】ここで、上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシンク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記タイミング抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることにより、上記移動局の位置を算出する際に必要な基地局に位置情報を簡易に求めることができる。

【0081】また、上記シンク・チャンネルのメッセージには、所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とが含まれ、上記復調手段により復調されたデータから複数の基地局の送信時間の差分に対応する座標情報を抽出する座標情報抽出手段を設けることにより、上記移動局の位置を算出する際に必要な基地局に位置情報を簡易に求めることができる。

【0082】さらに、上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージをチャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネル又は測位専用チャンネルを介して送信することにより、上記移動局の位置を算出する際に必要な基地局に位置情報を簡易に求めることができる。

【0083】そのうえ、上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることにより、CDMA方式のデジタル移動通信システム本来のサービスへの悪影響を抑えることができる。

【0084】ここで、上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システム本来のサービスへの悪影響を抑えることができる。

【0085】そのうえ、上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システム本来のサービスへの悪影響を抑えることができる。

【0086】上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0087】また、上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0088】このとき、上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより

測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0089】また、上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0090】さらに、上記移動局はCDMA方式デジタル移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、CDMA方式デジタル移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することにより、測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る測位システムの概念的な構成を示す図である。

【図2】CDMA方式デジタル移動通信システムの基地局から移動局方向のチャンネルの概略的な構成を示す図である。

【図3】移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図4】図3のPN符号検出回路からの出力を示す図である。

【図5】第2のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図6】移動端末で検出される各基地局の時間を示す図である。

【図7】移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図8】第2の移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図9】図8のPN符号検出回路におけるタイミングを示す図である。

【図10】移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図11】シンク・チャンネルを用いた場合の移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図12】基地局から移動局方向のメッセージ・フォーマットを示す図である。

【図13】ページング・チャンネルを用いた場合の移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図14】測位専用チャンネルを用いた場合の移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図15】各基地局のメッセージ・フォーマットを示す

図である。

【図16】CDMA方式デジタル移動通信システムの移動局から基地局方向のチャンネルの概略的な構成を示す図である。

【図17】測位データのフォーマットを示す図である。

【図18】本発明に係る測位システムによる測位データを各ユーザ局に転送するシステムの概略的な構成を示す図である。

【図19】本発明に係る測位システムによる測位データを各ユーザ局に転送する第2のシステムの概略的な構成を示す図である。

【図20】デジタル移動通信システムの概略的な構成を示す図である。

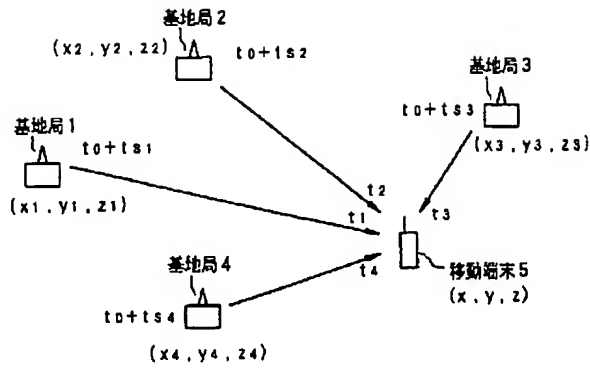
【図21】陸上移動通信における電波伝搬の概略的な構成を示す図である。

【図22】陸上移動通信における基地局からの距離と信号強度との関係を示す図である。

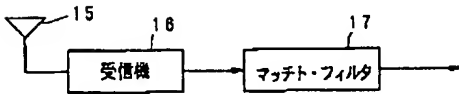
【符号の説明】

1、2、3、4・・・・・・基地局
5・・・・・・移動端末
6、23・・・・・・PN符号発生器
14・・・・・・チャンネル加算器
15、20、96・・・・・・アンテナ
16、21、95・・・・・・受信機
17・・・・・・マッチト・フィルタ
19・・・・・・別システム基地局
30・・・・・・PN符号相関器
40・・・・・・PN符号検出器
50、60、70、80・・・・シンク・チャンネル復調器
51、61、71、81・・・・PN時間シフト量抽出回路
52、62、72、82・・・・PN符号検出器
53、63、73、83・・・・基地局別PN符号タイミング抽出回路
54、64、74、84・・・・基地局座標出力回路
55、65、75、85・・・・位置計算回路
66、76、86・・・・基地局座標情報抽出回路
77・・・・・・ページング・チャンネル復調器
87・・・・・・測位専用チャンネル復調器
90、91・・・・・・アクセス・チャンネル復調器
92、93・・・・・・トラフィック・チャンネル復調器
94・・・・・・測位専用チャンネル復調器

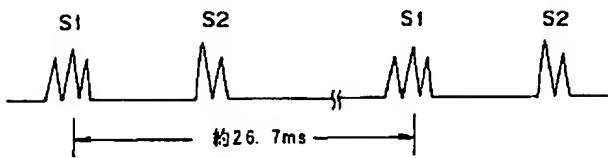
【図1】



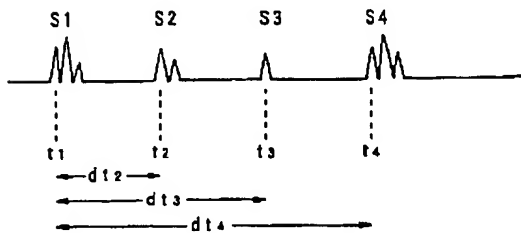
【図3】



【図4】



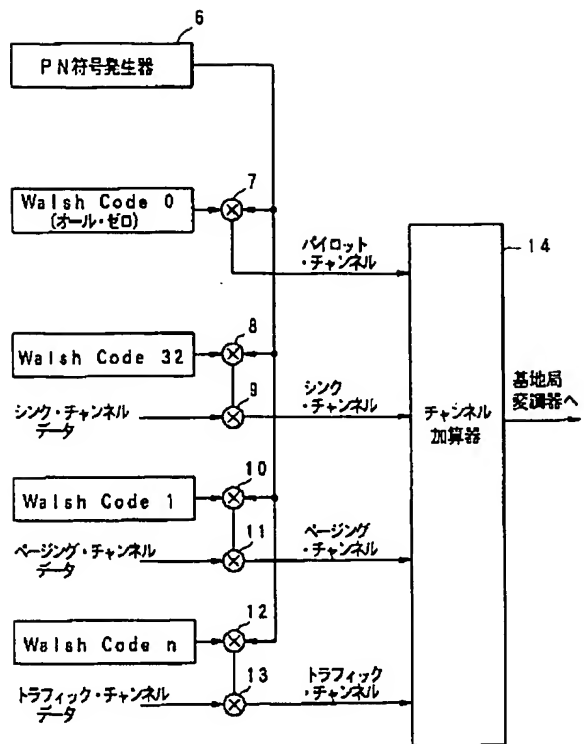
【図6】



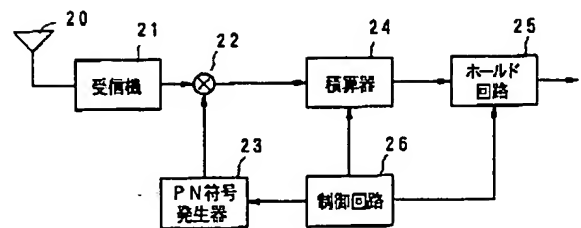
【図12】

メッセージ長 ML	メッセージ・ボディMB メッセージ タイプMT	データDT	エラー・チェック ・ビットEC
--------------	-------------------------------	-------	--------------------

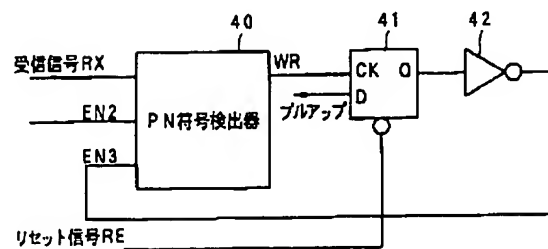
【図2】



【図5】



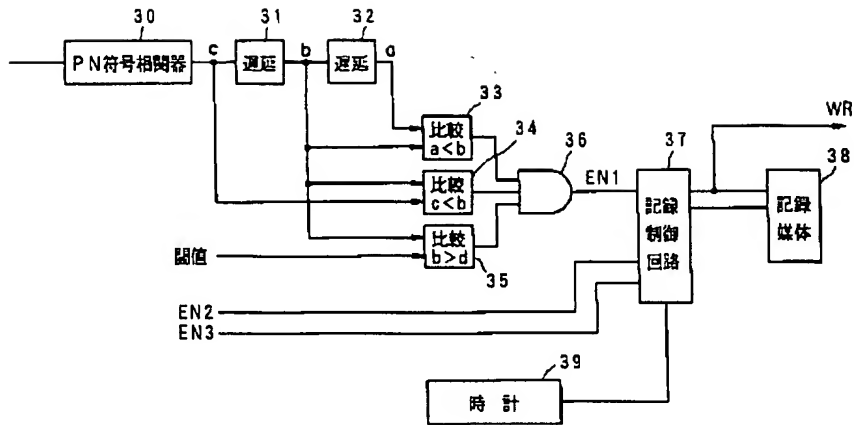
【図8】



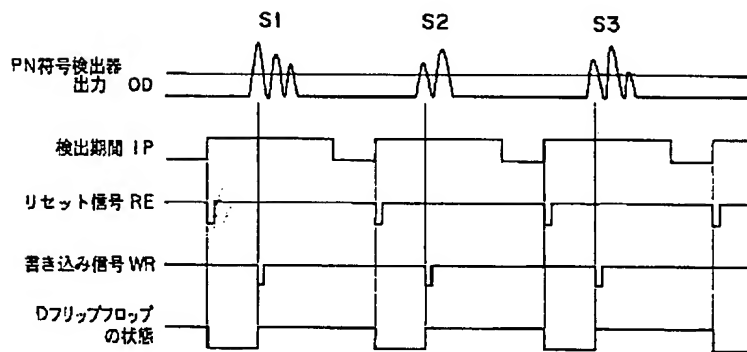
【図15】

自局データ DT1	チェック ビット CB1	基地局 データ DT2	チェック ビット CB2	基地局 データ DTn	チェック ビット CBn
--------------	--------------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------------

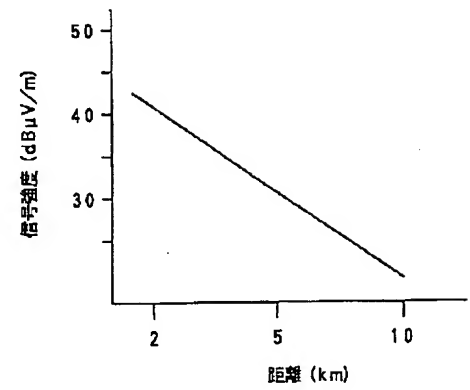
【図7】



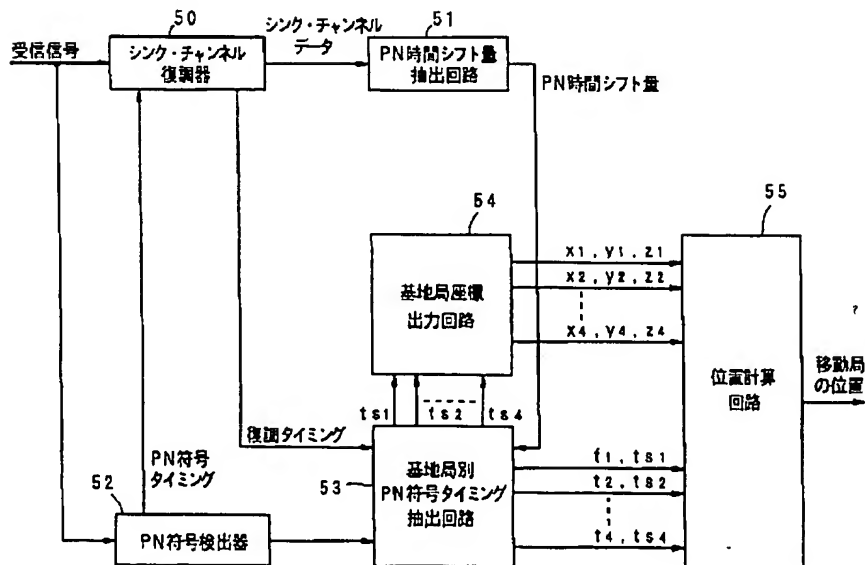
【図9】



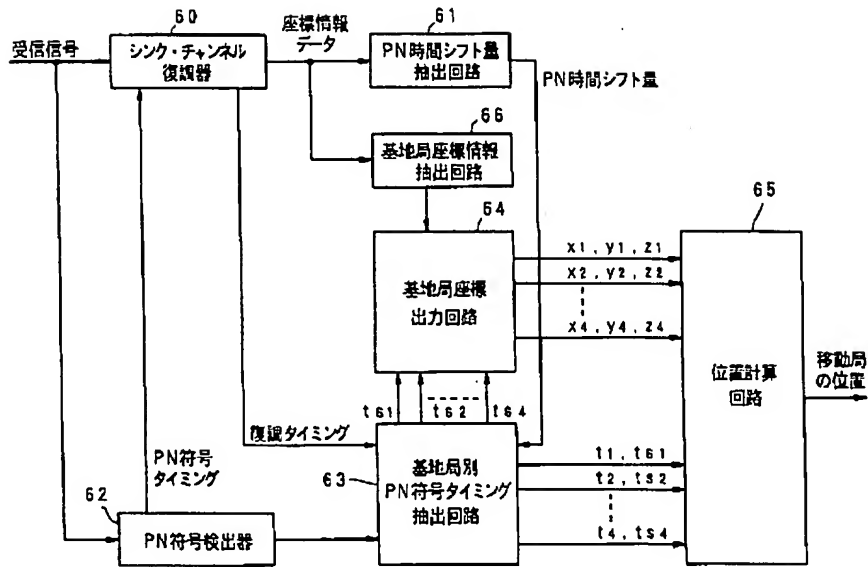
【図22】



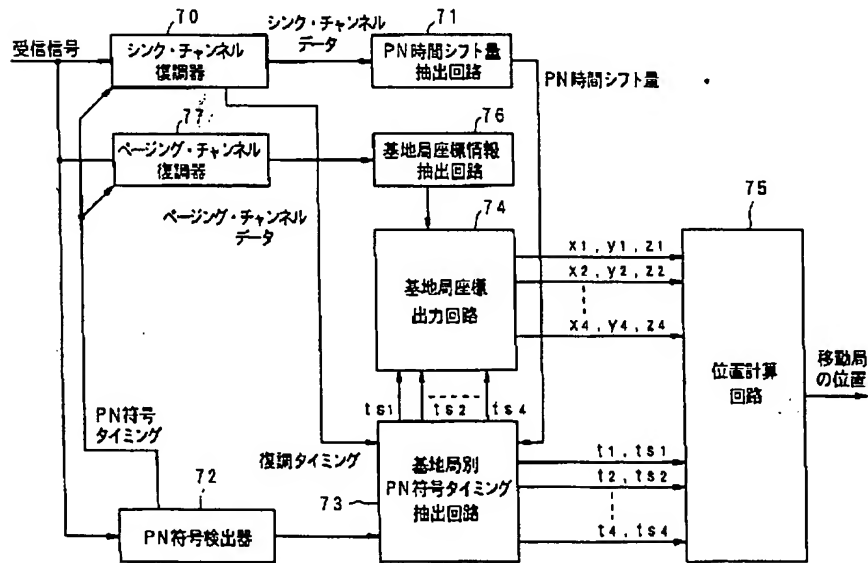
【図10】



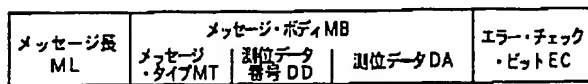
【図11】



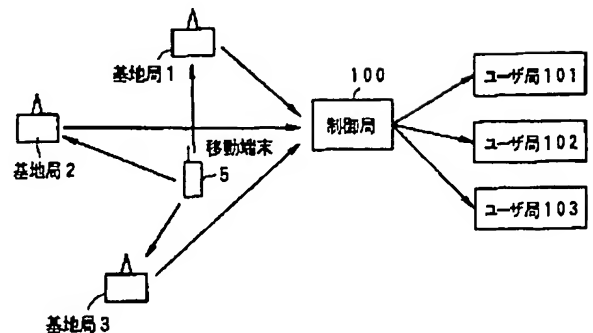
【図13】



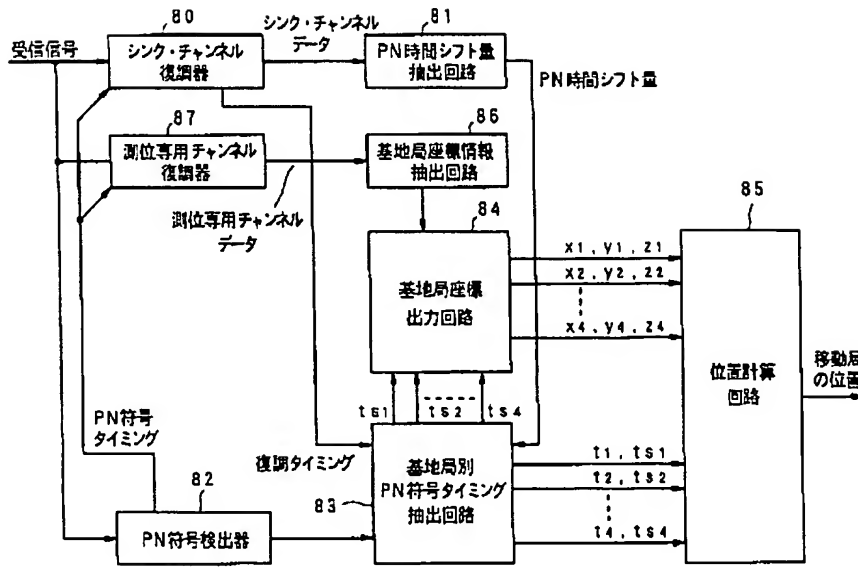
【図17】



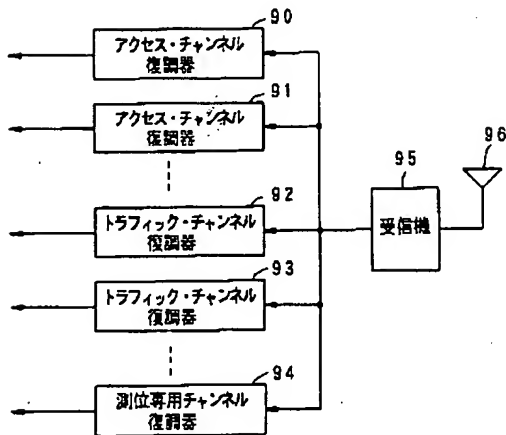
【図18】



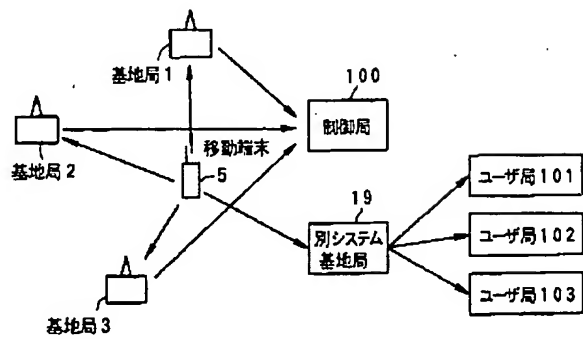
【図 14】



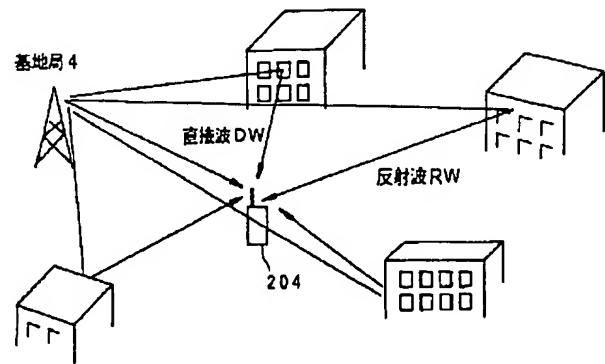
【図 16】



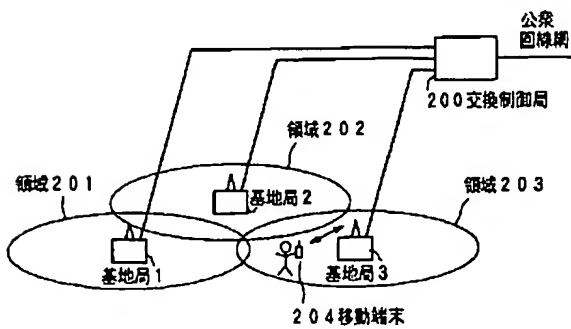
【図 19】



【図 21】



【図 20】



【手続補正書】

【提出日】平成6年3月4日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】測位システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の基地局との間でCDMA方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算して、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を求めることを特徴とする測位システム。

【請求項2】 上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することを特徴とする請求項1記載の測位システム。

【請求項3】 上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最も早いタイミングのスペクトル拡散信号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることを特徴とする請求項2記載の測位システム。

【請求項4】 上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することを特徴とする請求項1又は3記載の測位システム。

【請求項5】 上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することを特徴とする請求項3記載の測位システム。

【請求項6】 上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシン

ク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記タイミング抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることを特徴とする請求項1記載の測位システム。

【請求項7】 上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージを複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報の送信に用いられるシンク・チャンネルを介して送信することを特徴とする請求項6記載の測位システム。

【請求項8】 上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージをチャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネルを介して送信することを特徴とする請求項6記載の測位システム。

【請求項9】 上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージを測位専用チャンネルを介して送信することを特徴とする請求項6記載の測位システム。

【請求項10】 上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする請求項9記載の測位システム。

【請求項11】 上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することを特徴とする請求項7、8、又は9記載の測位システム。

【請求項12】 上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することを特徴とする請求項7、8、又は9記載の測位システム。

【請求項13】 上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項1記載の測位システム。

【請求項14】 上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項13記載の測位システム。

【請求項15】 上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする請求項13記載の測位システム。

【請求項16】 上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする請求項15記載の測位システム。

【請求項17】 上記移動局は上記移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、上記移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することを特徴とする請求項1記載の測位システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、移動局（移動端末）の位置を測位する測位システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、移動局或いは移動端末の測位を行う測位システムとしては、航法システムの一つであり、人工衛星から発射する電波を利用して位置情報を得る方法であるGPS（グローバル・ポジショニング・システム）や、船舶のための電波による航行援助システムを利用する航法であって、陸上の送信局からの同一周波数の同期したパルス電波の到来時間差を測定して距離を求めるいわゆるロラン-C等が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記GPSやロラン-Cを用いて測位を行う場合には、アンテナや別の受信機器等が必要となる。そこで、上記GPSやロラン-C等よりも、さらに簡易な測位システムとして、移動通信システムを利用して測位を行うことが好ましい。その具体例として、CDMA（符号分割多元接続：Code Division Multiple Access）方式のいわゆるデジタルセルラシステムを用いて測位を行う測位システムが考えられる。

【0004】 近年、情報の帯域幅より数百～数千倍もの広いスペクトル帯域に被変調波を拡散させて通信を行うスペクトル拡散通信方式、即ちいわゆるSS方式が注目されている。このスペクトル拡散通信方式により、送信機側で搬送波（キャリア）がPN（疑似雑音）符号系列によって変調されて、周波数スペクトルが拡散される。

また、受信機側では、送信機と同一構造のPN符号系列発生器により発生するPN系列を用いた逆拡散過程或いは相関過程を経た後、ベースバンド復調されることによりデータを得る。

【0005】 上記スペクトル拡散通信方式により受信機側で受信信号を復調するためには、受信信号のPN系列のパターンが一致していること以外に、時間的にも一致していなければならない。即ち、発生タイミング或いは発生位相が一致していなければならない。よって、通信回線を成立させることができるのは、同一系列で時間的にも位相が一致した場合のみである。このようなスペクトル拡散通信方式の特徴を利用し、同じ周波数帯を用いて、PN系列の違いにより多数のチャンネルを使用することが可能となる。このようなスペクトル拡散通信方式の特徴を用いてPN符号によってチャンネルの識別を実現し、多元接続を行う方式をCDMA方式と呼ぶ。

【0006】 このCDMA方式によるデジタル移動通信システムは音声通話を目的に構築されようとしているシステムであり、従来のアナログセルラと比較して非常に大きな通信容量、高品質な通話を実現することが特長である。このCDMA方式デジタル移動通信システムは上述のスペクトル拡散通信方式により、複数の基地局からパイロット・チャンネルと呼ばれるチャンネルで拡散符号（パイロットPN符号）が繰り返し送られているため、各基地局からの拡散符号の伝搬遅延時間差を測定すれば、基本的には移動局の測位を行うことは可能である。

【0007】 しかし、このCDMA方式デジタル移動通信システムを用いた測位システムには、次のような問題点がある。

【0008】 先ず、移動端末側で測位を行う全ての測位システムに共通することであるが、測位用の電波の放射点の位置が判っていなければならない。CDMA方式デジタル移動通信システムでは、この放射点は基地局にあたるが、その放射点の位置が移動局において予め判っている必要がある。

【0009】 また、CDMA方式デジタル移動通信システムは音声通話のためのシステムであり、この本来のサービスに悪影響、例えば通信容量を損なうことなどが無いように、測位システムが実現されなければならない。

【0010】 ここで、移動通信システムの基本的な構成を図20に示す。図20に示す基地局1、基地局2、及び基地局3を含む領域（サービスエリア）201、202、203は隙間無く並べられている。例えば、領域203内の基地局3から移動端末204へ送信する場合には、基地局3からの電波は公衆回線網により交換制御局200を介して移動端末204に送信される。また、家庭用の電話から移動端末204へ送信する場合には、公衆回線網、交換制御局200、及び基地局3を介して送

られる。

【0011】これらの領域201、202、203の境界付近では、回線を接続できる基地局が複数存在することになるが、他の領域への干渉を小さく抑えるために各基地局1、2、3の送信電力は必要最小限に抑えられている。よって、ある領域の中央付近で、他の領域の回線を接続することができるほど、他の領域の基地局の送信電力は大きくない。

【0012】図21はセルラに代表される陸上移動通信の電波伝搬の概略的な構成を示している。セルラの場合には、基地局、例えば基地局4のアンテナ高は数十メートルであり、それ程高くないため、郊外で見通しの良いところでないかぎり移動端末204に電波が直接届くことは無い。よって、通常は、ビル、山、及び崖等による反射波RWを受信することになる。この場合には、図21に示すように、反射波RWの伝搬距離は直接波DWの伝搬距離よりも大きくなる。これが位置計算の障害となる。

【0013】図22は電波の伝搬距離と信号強度との関係を示す。移動端末204における基地局からの電波の強度、即ち信号強度は遠い基地局ほど小さくなる。遠い基地局は10km以上になることも予想され、非常に弱い信号を検出しなければならない。

【0014】このように、人工衛星を用いた測位システムの場合、移動端末は人工衛星から直接届く直接波を受信して所在位置を計算するが、セルラのような地上通信の場合には、移動端末が基地局からの直接波を受信できることは稀であり、多くの場合は反射波を受信する。その場合に、位置計算に大きな誤差を生ずる可能性があり、これをいかに小さく抑えるかが重要となる。人工衛星を用いた測位システムの場合には、移動端末における各人工衛星からの電波強度は大きく違わないが、CDMA方式デジタル移動通信システムを用いた場合には、移動端末における各基地局からの電波強度は大きく違っており、これに対して配慮しなければならない。

【0015】そこで、本発明は上述の実情に鑑み、従来よりも簡易な方法を用いて、移動端末において測位を行うことができる測位システムを提供するものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に係る測位システムは、複数の基地局との間でCDMA方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を求めることにより上述した課題を解決する。

【0017】また、上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を

発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することを特徴とする。

【0018】さらに、上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最も早いタイミングのスペクトル拡散信号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることを特徴とする。

【0019】また、上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することを特徴とする。

【0020】さらに、上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することを特徴とする。

【0021】ここで、上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシンク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記タイミング抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることを特徴とする。

【0022】ここで、上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージを、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報の送信に用いられるシンク・チャンネル、チャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネル、又は測位専用チャンネルを介して送信することを特徴とす

る。

【0023】また、上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする。

【0024】尚、上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することを特徴とする。

【0025】そのうえ、上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することを特徴とする。

【0026】上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0027】また、上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0028】このとき、上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することを特徴とする。

【0029】また、上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることを特徴とする。

【0030】さらに、上記移動局はCDMA方式移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、CDMA方式移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することを特徴とする。

【0031】

【作用】本発明においては、移動局において、CDMA方式デジタル移動通信システムにおける複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から予め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、簡易に移動局の位置を求める。

【0032】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0033】図1は、本発明に係る測位システムの基地局からの送信の概略的な構成を示す。移動局の所在を特定するには最低3つの基地局からの信号を受信しなければならない。しかし、受信できる基地局が多ければそれ

だけ推定精度は向上する。よって、この図1では、基地局を4つとし、移動端末5、基地局1、基地局2、基地局3、基地局4の座標を、それぞれ (x, y, z) 、

(x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、

(x_3, y_3, z_3) 、 (x_4, y_4, z_4) とする。

【0034】ここで、図2に、各基地局の送信部の概略的な構成を示す。本発明の測位システムが適用されるCDMA方式デジタル移動通信システム、例えばいわゆるデジタルセルラシステムでは、複数の基地局間で送受信を行い、その送受信に用いられるスペクトル拡散信号には、送信時の基準タイミングに対する上記複数の基地局毎に設定された時間遅延量、具体的にはいわゆるパイロットPNオフセットが含まれることが特徴となっている。このCDMA方式デジタル移動通信システムにおける基地局から移動局方向（フォワード・リンク）への信号には、パイロット・チャンネル、シンク・チャンネル、ページング・チャンネル、トラフィック・チャンネルの4種類のコード・チャンネルが用意されている。パイロット・チャンネルはデータを含まずPN符号が繰り返り送られるチャンネルであり、移動端末5の同期獲得と維持、及びクロック再生のために用いられる。シンク・チャンネルは基地局と移動端末5との間で時刻情報及び長周期のPN符号を合わせるために使用される。ページング・チャンネルは最大7通りであり、ハンドオフに必要な情報、着信時の端末呼び出し情報、発信時の基地局からの応答情報、及びトラフィック・チャンネルの割り当て情報の送信に用いられるチャンネルである。トラフィック・チャンネルは最大（63-シンク・チャンネル数-ページング・チャンネル数）通りであり、通話時に使用される音声情報を送信するチャンネルである。

【0035】CDMA方式デジタル移動通信システムでは上記4つのチャンネルデータに掛け合わせる拡散符号を変えて多重化され、同一周波数で送られる。このシステムではPN符号と直交関数系のウォルシュ符号（Walsh Code）とを掛け合わせた符号が拡散符号となり、このウォルシュ符号を変えることで各チャンネルを生成している。

【0036】先ず、PN符号発生器6により発生されたPN符号は、乗算器7、8、10、12に送られる。パイロット・チャンネルのためのウォルシュ符号（Walsh Code 0）は常時ゼロであり、乗算器7を介したPN符号はそのままパイロット・チャンネルとしてチャンネル加算器14に送られることになる。よって、移動端末5において基地局から送信されるPN符号を検出するときには、パイロット・チャンネルの拡散符号のタイミングを検索する。また、シンク・チャンネル・データは、値が32のウォルシュ符号とPN符号とが乗算器8で乗算された値と乗算器9で乗算される。ページング・チャンネル・データは、値が1のウォルシュ符号とPN符号とが乗算器10で乗算された値と乗算器11で乗

算される。トラフィック・チャンネル・データは、値が n のウォルシュ符号と PN 符号とが乗算器 12 で乗算された値と乗算器 13 で乗算される。上記パイロット・チャンネル及びそれぞれの乗算器 9、11、13 で乗算されたチャンネルはチャンネル加算器 14 に送られた後、基地局の変調器へ送出される。

【0037】移動端末 5 ではウォルシュ符号の番号を選択することにより、パイロット・チャンネル以外の希望のコード・チャンネルのデータを復調する。CDMA 方式デジタル移動通信システムは、他の方式の移動通信システムと異なり、隣合う領域、即ちサービスエリアを含めて全ての基地局が同一の周波数を使用する。このため、1 周波数チャンネルを受信する一つの受信機で複数の基地局が送信する PN 符号を検出できるので、測位を行うには非常に都合が良い。また、パイロット PN オフセットと呼ばれる基準タイミングからの遅延時間が基地局毎に予め決められていて、各基地局は PN 符号を上記パイロット PN オフセット分だけ遅延して送信している。よって、スペクトル拡散においては、時間差を持たせて多重された信号であれば受信側で分離復調できるので、移動端末において複数の基地局からの PN 符号を検出することが可能である。

【0038】次に、受信側である移動端末について説明する。CDMA 方式デジタル移動通信システムを利用した測位システムでは、移動端末において各基地局が送信するパイロット・チャンネルを受信し、検出する。図 3 には、各基地局から送信されるパイロット・チャンネルを検出する検出回路の概略的な構成を示す。

【0039】基地局からの信号は移動端末のアンテナ 15 を介して受信機 16 に入力される。受信機 16 では、受信された周波数がマッチト・フィルタ 17 に最適な周波数にダウンコンバートされ、検波されて、マッチト・フィルタ 17 に入力される。マッチト・フィルタ 17 は予め決められた符号列、即ち PN 符号との相関値を計算し、その相関の程度に応じた出力が得られる。

【0040】図 4 は上記マッチト・フィルタ 17 の出力の一例として、米国の CDMA 方式デジタル移動通信システムによる PN 符号の周期は約 26.7 ms であり、上記マッチト・フィルタ 17 からの出力もその周期で特定の基地局に対応する出力となる。異なる基地局は PN 符号を予め決められた送信時間の差分、具体的にはいわゆるパイロット PN オフセット分だけずらして送信している。このパイロット PN オフセットとは、スペクトル拡散信号の送信時の基準タイミングに対する各基地局毎に設定された時間遅延量のことである。よって、上記マッチト・フィルタ 17 からの出力も、パイロット PN オフセット分だけずれた時刻に検出される。尚、各基地局 1、2 に対応する出力 S1、S2 が複数のピークを持っているのは、複数の反射波によるいわゆる

マルチパスが存在し、伝搬経路長差に応じた時間だけずらして PN 符号が検出されるためである。

【0041】図 5 には、各基地局から送信されるパイロット・チャンネルを検出するための回路の第 2 の概略的な構成を示す。アンテナ 20 を介して得られる基地局からの信号は受信機 21 でダウンコンバート及び検波され、乗算器 22 に入力される。一方、PN 符号発生器 23 で発生された PN 符号も上記乗算器 22 に入力され、受信信号と掛け合わされる。この掛け合わされた信号は次に積算器 24 に入力され、各時刻の掛け算結果が足し合わされていく。上記積算器 24 では制御回路 26 のリセット信号によりリセットされてから入力信号を足し合わせ、その出力は制御回路 26 によりホールド回路 25 でホールドされ、相関結果が得られる。この相関結果は瞬間での相関値であり、PN 符号 1 周期分の結果を得るためには PN 符号発生器 23 の出力を時間的にシフトさせて、上記一連の相関値を得る操作を繰り返す。ここで、制御回路 26 から PN 符号発生器 23 に入力される信号は PN 符号をシフトするための制御信号である。この検出回路を用いることにより図 3 に示す構成からの出力と同様の出力を得ることができるが、PN 符号 1 周期分の結果を得るのに時間がかかる。しかし、回路規模が小さくて済むことが特徴である。

【0042】次に、測位方法について詳細に説明する。上記各基地局 1、2、3、4 から送信される信号の移動端末 5 までの伝搬時間を t_{p1} 、 t_{p2} 、 t_{p3} 、 t_{p4} とする。上記基地局 1、2、3、4 は予め決められたパイロット PN オフセット分だけずらして PN 符号を送信しており、その遅延時間を t_{s1} 、 t_{s2} 、 t_{s3} 、 t_{s4} とする。また、時間的にずらさないで送信する場合の PN 符号を送信する時刻を t_0 とし、移動局の移動端末 5 が各基地局 1、2、3、4 の PN 符号を受信する時刻を t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 とする。

【0043】よって、各基地局 1、2、3、4 と移動端末 5 との距離は伝搬時間に電波の速度、即ち光速をかけたものに等しいので、次の (1) ~ (4) 式が得られる。ここでは、4 つの基地局からの PN 符号を検出できたとして説明している。

【0044】

$$(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2=(t_{p1} \times c)^2 \cdots (1)$$

$$(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2=(t_{p2} \times c)^2 \cdots (2)$$

$$(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2=(t_{p3} \times c)^2 \cdots (3)$$

$$(x-x_4)^2+(y-y_4)^2+(z-z_4)^2=(t_{p4} \times c)^2 \cdots (4)$$

ここで、 c は光速である。

【0045】上記 (1) ~ (4) 式において、未知数は x 、 y 、 z 、 t_{p1} 、 t_{p2} 、 t_{p3} 、 t_{p4} の 7 個である。次に、各基地局が PN 符号の先頭を送信する時刻はそれぞれ $t_0 + t_{s1}$ 、 $t_0 + t_{s2}$ 、 $t_0 + t_{s3}$ 、 $t_0 + t_{s4}$ である。これらの時刻による PN 符号を移動端末 5 が受信する時刻には伝搬遅延が加わるの

で、それぞれの時刻は $t_0 + t_{s1} + t_{p1}$ 、 $t_0 + t_{s2} + t_{p2}$ 、 $t_0 + t_{s3} + t_{p3}$ 、 $t_0 + t_{s4} + t_{p4}$ となる。ここで、移動端末5内での処理時間は相殺されるため、上記それぞれの時刻では削除してある。

【0046】CDMA方式デジタル移動通信システムでは移動端末5の正確な時刻合わせは行なわれないため、移動端末5側では時刻 t_0 を判別することができな

$$dt_2 = t_2 - t_1 = t_0 + t_{s2} + t_{p2} - (t_0 + t_{s1} + t_{p1}) = t_{s2} - t_{s1} + t_{p2} - t_{p1} \dots (5)$$

$$dt_3 = t_3 - t_1 = t_0 + t_{s3} + t_{p3} - (t_0 + t_{s1} + t_{p1}) = t_{s3} - t_{s1} + t_{p3} - t_{p1} \dots (6)$$

$$dt_4 = t_4 - t_1 = t_0 + t_{s4} + t_{p4} - (t_0 + t_{s1} + t_{p1}) = t_{s4} - t_{s1} + t_{p4} - t_{p1} \dots (7)$$

【0048】上記(1)～(4)式に上記(5)～

(7)式を加えると合計7式になり、未知数は7個であるので解を得ることができる。また、5つ以上の基地局からのPN符号が検出された場合には、最小自乗法等を用いて解を求めることができ、基地局が4つの場合と比較して測位精度の向上が期待できる。

【0049】次に、スペクトル拡散信号の到来タイミングを決定するためのPN符号検出回路の概略的な構成を図7に示す。移動端末5において受信された信号はPN符号相関器30でPN符号との相関値が計算され出力される。このPN符号相関器30は、具体的には図3又は図5に示した回路を用いる。このPN符号相関器30から出力される相関値を c とし、この相関値 c を遅延回路31で遅延した信号を b 、この遅延信号 b を遅延回路32でさらに遅延した信号を a とする。また、閾値を d とする。比較器33、34を用いて、それぞれ $a < b$ 、 $c < b$ の条件で最高点を検出し、比較器35を用いて $b > d$ の条件で一定レベル以上のものを検出して、AND回路36を介すことにより、時刻を記録するためのイネーブル信号 EN_1 として書き込み制御回路37に入力される。一方、時計、或いはタイマ39の値は書き込み制御回路37に入力される。書き込み制御回路37は、上記イネーブル信号である入力信号 EN_1 、及び後述する入力信号 EN_2 、 EN_3 が全てハイレベルの場合に、書き込み信号 WR を出力し、また、時計39からの値をメモリ等から成る記録媒体38へ記録する。

【0050】上記CDMA方式デジタル移動通信システムの受信側では、RAKE受信機という技術を使用する。従来の移動通信システムでは、マルチパスが存在すると妨害となっていたが、CDMA方式デジタル移動通信システムで用いられるスペクトル拡散技術では、マルチパスが存在しても各反射波にPN符号のタイミングを合わせて逆拡散することによりそれぞれの反射波を別々に復調することができるため、マルチパスを復調し合成することで誤り率を改善する特徴がある。従って、CDMA方式デジタル移動通信システムでは、より強いマルチパスを利用しようとする。即ち、マルチパスが存在し、PN符号検出器に複数のピークが検出された場合には、エネルギーの大きい信号から選んで復調する。

【0051】これに対して、本発明の測位システムで

い。従って、移動端末5が測定することができるのは、図6に示されるように各基地局のPN符号が移動端末5に到来する時間差である。例えば、基地局1を基準にした基地局2、基地局3、及び基地局4からのPN符号の受信時の時間差 dt_2 、 dt_3 、 dt_4 は次の(5)～(7)式に示すようになる。

【0047】

は、各基地局からの複数のマルチパスのうち最も早い反射波の受信時刻を測位に利用する。測位システムにおいては、基地局から移動端末までの直線距離を知ることが重要であり、遅延の小さなパスほど直接波に近く、伝搬時間に光速を掛けた値が基地局と移動端末の直線距離に近くなるためである。

【0052】図8は、上述のマルチパスのうちで最も早い反射波を受信する受信機の概略的な回路図である。ここで、PN符号検出回路40は、図7に示す回路である。図9に示されるように、PN符号検出器40からの出力 OD はマルチパスによって各基地局毎に固まって出現する。従って、このマルチパスから各反射波を検出する場合には、各基地局に対応した範囲を定め、その範囲内のみを調べる。これにより不要な範囲を調べることがない。上記PN符号検出器40は、図9の検出期間 IP を示す信号を入力信号 EN_2 として入力することにより、決められた範囲内の最高点のみが記録される。一方、Dフリップフロップ41からの出力はNOT回路42で反転され、この反転信号が入力信号 EN_3 として入力される。このDフリップフロップは検出期間 IP の先頭で発生されるリセット信号 RE により出力がローレベルとなり、検出期間 IP 内で最高点が検出される。次に、書き込み信号 WR が発生されるとハイレベルとなり、それ以後の記録が禁止される。このため、検出範囲内の先頭の最高点の受信時刻のみが記録される。図5に示すようなPN符号相関器の場合には、このPN符号相関器内で発生されるPN符号のタイミングを進める方向で動作させれば、PN符号の相関出力は図9で示される出力とは時間的に逆方向に出力される。その場合には、入力信号 EN_3 を使用する必要がない。即ち、同じ検出範囲内で最高点が検出されれば、重ね書きするようにしておけば良い。

【0053】上述のように、4つの基地局のパイロット・チャンネルに含まれるPN符号を検出するためには、遠くて信号強度の弱いPN符号も検出しなければならない。図5に示すPN符号相関器を用いた場合には、PN符号長を長くしても、回路規模は殆ど大きくならず、相関をとるPN符号長を変えることが容易である。但し、相関をとるPN符号長を長くすれば遠くの基地局から届く弱いPN符号まで検出することができるが、複数の基

地局分の検出期間を一通り調べるのに時間がかかり過ぎてしまう。そこで、まずPN符号長を比較的短くしてPN符号の検出を行う。これにより、基地局4つ分のPN符号の検出ができれば、移動端末の位置を計算することができる。また、基地局が4つに満たない場合には、PN符号長を長くして未検出範囲を調べることににより、あまり時間をかけずに遠い基地局まで検出することができる。さらに、後述するような方法で、各基地局のパイロットPNオフセットと基地局の位置情報とを保持することにより、信号の強い基地局の近傍に移動端末がいると考え、この移動端末の近傍の基地局からの各基地局の距離をもとに、検出できそうな基地局を選択して、検出期間を限定したり基地局毎にPN符号長を変えて相関をとったりすることで検出時間の短縮或いは検出能力、即ち感度を高めることも可能である。

【0054】1つの基地局からのマルチパスのうち最も早い反射波の受信時刻を記録したり、相関をとるPN符号長を長くすることで検出能力を高くしたりする方法について上述したが、信号強度が小さくてもできる限り早い反射波を見つけるためには相関をとるPN符号長を長くする必要がある。しかし、PN符号長を常時長くすると、検出に要する時間が長くなり過ぎる。そこで、時間がかからない程度のPN符号長で検出を行い、次にPN符号が検出されたタイミングの直前の短期間を符号長を長くして再検出することで早い反射波を検出する。これにより、早い信号強度の弱いPN符号を、検出時間をあまりかけずに検出することができる。また、移動端末における基地局4つ分のPN符号の受信時刻が測定でき、これにより移動端末の位置を上記(1)～(7)式を用いて計算したときに、通常の範囲を越えた解が得られた場合、或いは基地局5つ以上のPN符号の受信時刻が得られ、最小自乗法などを用いて解を求めた結果、誤差が大きいと判断された場合に、もっと早い反射波を見つけるために、PN符号長を長くして再検出を行っても良い。

【0055】上述したように、各基地局の位置を既知とした場合には、計算により移動端末の位置を特定することができる。しかし、CDMA方式デジタル移動通信システムにおいては、移動端末が基地局の位置を知る手段を有しておらず、新たにその手段を用意しなければならない。よって、この基地局の位置を知る手段として、移動端末内にパイロットPNオフセットから基地局の位置を求める変換テーブルを予め内蔵し、位置計算に使用する手段を用いる。

【0056】図10には、移動端末の受信回路の第1の概略的な構成を示す。移動端末の電源投入後、或いはリセット後、図7に示すような構成のPN符号検出器52でPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器50に送る。シンク・チャンネル復調器50は、上記入力されたタイミングにPN符号を合わ

せ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、パイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路51は、上記復調されたシンク・チャンネル・データからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路53に供給される。一方、PN符号検出器52は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路53に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路53はシンク・チャンネル復調器50が発生しているPN符号の復調タイミングとPN時間シフト量抽出回路51から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器52の検出結果から検出できた各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・を特定して基地局座標出力回路54に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・と受信時刻 t_1 、 t_2 、・・・とを位置計算回路55に供給する。各基地局のPN符号のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路54は位置計算回路55に各基地局の座標を供給する。位置計算回路55は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、・・・、受信時刻 t_1 、 t_2 、・・・、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、・・・から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0057】次に、移動端末の受信回路の第2の概略的な構成を図11に示す。この第2の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の位置情報である座標情報を基地局からシンク・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局はシンク・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。

【0058】ここで、図12にCDMA方式デジタル移動通信システムにおける基地局から移動局方向へのメッセージのフォーマットを示す。このメッセージは、メッセージ長ML、メッセージ・タイプMTとデータDTとから成るメッセージ・ボディMB、及びエラー・チェック・ビットECにより構成される。このメッセージの内のメッセージ・タイプMTに、新たに基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを割り当てることによって、シンク・チャンネルを用いて上記データを移動端末に送ることが可能になる。

【0059】移動端末の電源投入後、或いはリセット後、移動端末はPN符号検出器62でPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器60に送る。シンク・チャンネル復調器60はそのタイミングにPN符号を合わせ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が

送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路61はその復調されたシンク・チャンネル・データからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路63に供給される。基地局座標情報抽出回路66は上記復調されたシンク・チャンネル・データから各基地局のパイロットPNオフセットに対応する基地局の座標情報を抽出し、基地局座標出力回路64に供給する。これにより、基地局座標出力回路64はパイロットPNオフセットと基地局の座標情報とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器62は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路63に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路63はシンク・チャンネル復調器60が発生しているPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路61から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器62の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路64に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路65に供給する。また、各基地局のPN符号のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路64は、位置計算回路65に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路65は各基地局のPN符号のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0060】次に、移動端末の受信回路の第3の概略的な構成を図13に示す。この第3の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の座標情報を基地局から既存のページング・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局はページング・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。移動端末の電源投入後、或いはリセット後、PN符号検出器72はPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器70に送る。シンク・チャンネル復調器70はそのタイミングにPN符号を合わせ、シンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路71は上記復調されたシンク・チャンネル・データからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路73に供給される。

【0061】ページング・チャンネル復調器77はページング・チャンネルの復調を行い、この復調されたページング・チャンネル・データは基地局座標情報抽出回路76に供給される。基地局座標情報抽出回路76は各基地局のパイロットPNオフセットに対応する基地局の座標情報を抽出し、基地局座標出力回路74に供給する。これにより、基地局座標出力回路74はパイロットPNオフセットと基地局の座標情報とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器72は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路73に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路73はシンク・チャンネル復調器70が発生しているPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路71から受け取るパイロットPNオフセットとから基準のタイミングを検出し、PN符号検出器72の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路74に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路75に供給する。各基地局のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路74は、位置計算回路75に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路75は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0062】次に、移動端末の受信回路の第4の概略的な構成を図14に示す。この第4の実施例が、上述した第1の実施例と異なる点は、基地局の座標情報を基地局から新たに設けた測位用データ・チャンネルを介して受け取って用いることである。基地局は新たに設けた測位用データ・チャンネルを用いて自局のパイロットPNオフセットだけでなく、周辺の基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送信する。上述した第2、第3の実施例では、CDMA方式デジタル移動通信システムに使用される既存のチャンネルを利用するため、CDMA方式デジタル移動通信システムに悪影響を与える可能性もある。即ち、CDMA方式デジタル移動通信システムの運用が開始されているところに、CDMA方式デジタル移動通信システム用チャンネルに新たなメッセージを設けることは、既に販売されている端末に障害を与えないとは言えず、既に売られている移動端末が新たなメッセージを全く無視して影響無く動作する保証はない。これに対して、専用のデータチャンネルを用意することにより、CDMA方式デジタル移動通信システムに与える悪影響の可能性を軽減することができる。

【0063】移動端末の電源投入後、或いはリセット後、PN符号検出器82はPN符号のタイミングを調べ、その結果をシンク・チャンネル復調器80へ送る。シンク・チャンネル復調器80はそのタイミングにPN

符号を合わせシンク・チャンネル・データを復調する。シンク・チャンネルにはその基地局の情報が送られており、その中にはパイロットPNオフセットが含まれる。PN時間シフト量抽出回路81はその復調されたデータからその基地局のパイロットPNオフセットを抽出する。抽出されたパイロットPNオフセットは基地局別PN符号タイミング抽出回路83に供給される。測位専用チャンネル復調器87は測位専用チャンネルの復調を行い、測位専用チャンネル・データが基地局座標情報抽出回路86に供給される。基地局座標情報抽出回路86はパイロットPNオフセットに対応する基地局の座標情報を抽出し、基地局座標出力回路84に供給する。これにより、基地局座標出力回路84はパイロップPNシフト量と基地局の座標とのテーブルを持つことができる。一方、PN符号検出器82は各タイミングの相関値を基地局別PN符号タイミング抽出回路83に供給する。基地局別PN符号タイミング抽出回路83はシンク・チャンネル復調器80が発生するPN符号のタイミングとPN時間シフト量検出回路81から受け取るパイロットPNオフセットから基準のタイミングとを検出し、PN符号検出器82の検出結果から検出された各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots を特定して基地局座標出力回路84に供給するとともに、各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots と受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots とを位置計算回路85に供給する。各基地局のパイロットPNオフセットを受け取った基地局座標出力回路84は、位置計算回路85に各基地局の座標情報を供給する。位置計算回路85は各基地局のパイロットPNオフセット t_{s1} 、 t_{s2} 、 \dots 、受信時刻 t_1 、 t_2 、 \dots 、及び各基地局の座標情報 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots から移動端末の位置を計算し、結果を出力する。

【0064】上記第4の実施例では、基地局が新たに設けた測位用データ・チャンネルを用いて、自局を含めた周辺基地局のパイロットPNオフセットと座標情報とを送る場合にビットレートを低くし、スペクトル拡散を行う際の拡散率を大きくすることによって、測位用データ・チャンネルの送信電力を小さく抑え、CDMA方式デジタル移動通信システム本来のサービスへの影響、例えばシステム容量の減少等を小さくする。測位用データ・チャンネルで送信するデータは少なくとも基地局10～20局分のパイロットPNシフト量及び位置情報であること、移動通信システムの電話端末とは異なり、初期化が終了するまでの時間に厳しくないこと、そしてこれらの情報は固定値であることからスペクトル拡散信号のデータレートは小さくて良い。具体的には、情報量は500ビット程度で、転送時間に数秒かかっても良いとすると、スペクトル拡散信号のデータレートは100bps或いはそれ以下になる。CDMA方式デジタル移動通信システムのスペクトル拡散率は100倍から300倍

程度であるが、測位専用チャンネルの場合に、例えば10000倍以上にすることによって、既存のチャンネルの送信電力に比べて数十分の一以下、データレートによっては百分の一以下にできるので、本来のCDMA方式デジタル移動通信システムには、ほとんど影響を与えないで済む。

【0065】また、上記第2の実施例では各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とをシンク・チャンネルを用いて送信する場合、上記第3の実施例では各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とをページング・チャンネルを用いて送信する場合、及び、上記第4の実施例では各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とを新たに設けたデータ・チャンネルを用いて送信する場合に、自局の位置は省略せずにそのまま送り、周辺の基地局の位置については自局の位置との差を送るようにすれば、送信データ量を小さく抑えることができる。例えば、位置を局座標（緯度、経度、高度）を用いて1メートルまで表現するには65ビットが必要である。これに対して、例えば、周辺の基地局が緯度経度で+10～-10分、高度差で+1000～-1000メートルとすれば、上記必要な65ビットを43ビットに抑えることができる。

【0066】さらに、上記第2、第3、第4の実施例において、各基地局のパイロットPNオフセットと位置情報とを送信する場合には、基地局が n 局であるとする、図15に示されるように、自局データ DT_1 及びチェックビット CB_1 の後に、 n 局分の基地局データとチェックビットとが、基地局データ DT_2 、チェックビット CB_2 、 \dots 、基地局データ DT_n 、チェックビット CB_n の順に送信される。このように、各基地局に対応する情報毎に誤り検出又は誤り訂正符号を付けて送信する。このとき、移動端末が必要とするのは、PN符号を検出することができた基地局のパイロットPNオフセット及び位置情報であり、全ての基地局の情報を正しく受け取る必要は無い。ここで、移動通信においては送信データに誤りを生ずる可能性があり、ビット誤り率が一定であって、データ長が大きくなると、誤りが生ずる確率も大きくなる。従って、誤り検出又は誤り訂正符号を付けるデータの単位を小さくすれば、1つのデータ単位で誤りが生じる確率は小さくなる。これにより、移動端末は全てのPN符号を検出することができた基地局の情報を受け取ることができれば測位を行うことができる。

【0067】上記複数の実施例では、CDMA方式デジタル移動通信システムを用いて測位を行い、これによって移動端末側で自分自身の位置を知ることが可能になる方法について説明した。しかし、このままではRDS S (Radio Determination Saterite Service) のようなサービスを提供することはできない。例えば、運送会社のセンタが各トラックの位置を管理しようとする場合には、なんらかの手段を用いて移動端末で測位した結果を

センタに送信しなければならない。そこで、CDMA方式デジタル移動通信システムで使用されているアクセス・チャンネルを用いて、測位データを転送する手段を用意することを考える。

【0068】図16は、基地局の受信機のチャンネルの概略的な構成を示しており、アンテナ96で受信されたスペクトル拡散信号は、受信機95で各チャンネル毎に分割され、復調器に送られる。上記アクセス・チャンネルは、移動通信システムの電話端末が発信する際の発信要求を送信したり、ページング・チャンネルを用いた基地局からのメッセージに対する応答メッセージを送信するために用いられる。このアクセス・チャンネルは1ページング・チャンネルに付き数チャンネルあるので、それぞれアクセス・チャンネル復調器90、アクセス・チャンネル復調器91、・・・に送られて復調される。このアクセス・チャンネルのフォーマットは、図17に示すようにメッセージ長ML、メッセージ・ボディMB、及びエラー・チェック・ビットECから成り、上記メッセージ・ボディMBは、メッセージ・タイプMT、測位データ番号DD、及び測位データDAにより構成される。このメッセージ・タイプMTに位置情報転送用のメッセージを割り当てることによって測位データの転送が可能になる。

【0069】図18には、アクセス・チャンネルを用いて測位を行う測位システムの構成を示す。移動端末5はアクセス・チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信された信号は複数の基地局に受信される可能性がある。例えば、基地局1、2、3に受信された信号は制御局100に送られ、この制御局100で測位データ中に含まれる測位データ番号DDにより重複データが削除された後、各ユーザ局101、102、103に転送される。

【0070】上述のようにアクセス・チャンネルを用いる場合には、移動通信システムの電話端末と本発明の測位用移動端末とを兼用する場合に不都合が生じる可能性がある。そこで、移動通信システムの電話端末は、通話中にトラフィック・チャンネルと呼ばれる通話チャンネルを使用していることから、通話中はトラフィック・チャンネルを用いて測位データの転送を行い、待ち受け状態である場合にはアクセス・チャンネルを用いて測位データの転送を行う。これにより、CDMA方式デジタル移動通信システムの電話端末と測位システム用の移動端末との両方に使用することができる端末を実現することができる。上記トラフィック・チャンネルのフォーマットは図17に示したアクセス・チャンネルのフォーマットと同様である。また、基地局の受信機のチャンネルの概略的な構成は図16に示すものと同様であり、上記トラフィック・チャンネルもアクセス・チャンネルと同様に、1ページングチャンネルに付き数チャンネルあるので、それぞれトラフィック・チャンネル復調器92、

トラフィック・チャンネル復調器93、・・・に送られて復調される。

【0071】さらに、CDMA方式デジタル移動通信システムで既に使用されているアクセス・チャンネル或いはトラフィック・チャンネルを用いて測位データを転送する場合には、移動通信システムの電話端末に悪い影響を与える可能性がある。そこで、測位データ専用チャンネルを用意することが考えられる。測位専用チャンネルのフォーマットはCDMA方式デジタル移動通信システムの既存のチャンネルのフォーマットと同じにする必要はなく、少なくとも測位データ番号があれば良い。また、受信機側のチャンネルの構成には、図16に示すように測位専用チャンネル復調器94が設けられる。測位専用チャンネルを使用した測位システムも、図18に示した測位システムと同様であり、移動端末5は測位専用チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信信号は複数の基地局に受信される可能性があり、受信された信号は制御局1に送られて測位データ中に含まれる測位データ番号により重複データを削除され、ユーザ局101、102、103に転送される。

【0072】また、上記測位専用チャンネルを用いる場合には、ビットレート小さくして、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくし、送信電力を小さくすることによって、移動通信システムの電話端末への影響を小さく抑えることができる。

【0073】ここで、上述のように測位専用チャンネルをCDMA方式デジタル移動通信システムに設けて測位データを転送する場合に、測位専用チャンネルはCDMA方式デジタル移動通信システムの既存のチャンネルと同一周波数で測位データを転送するため、測位用移動端末が頻繁にデータを送信しようとするときには、移動通信システムの電話端末に悪影響が出て、通話品質の低下及びシステム・キャパシティの低下を招くことが予想される。そこで、CDMA方式デジタル移動通信システムとは独立した通信網を用い、この通信網を測位データ転送チャンネルとすることでこれを回避することができる。メッセージ・フォーマットはCDMA方式デジタル移動通信システムのチャンネルのフォーマットと同様にする必要はないが、少なくとも測位データ番号は必要である。測位データ転送チャンネルを使用した場合の測位システムは図19に示すようであり、移動端末5は測位データ転送チャンネルを介して測位結果を送信する。この送信信号は別システムの基地局19に受信され、各ユーザ局101、102、103に転送される。

【0074】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明に係る測位システムは、複数の基地局との間でCDMA方式により通信を行う移動通信システムにおける移動局の位置を測定する測位システムであって、上記複数の基地局が送信する同系列のスペクトル拡散信号から、予

め各基地局毎に決められた送信時間の差分を減算し、複数の基地局からのスペクトル拡散信号の伝搬遅延時間差を得ることにより、上記移動局の位置を簡易に求めることができる。

【0075】また、上記移動局は上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号と同じスペクトル拡散信号を発生し、このスペクトル拡散信号と上記複数の基地局が送信するスペクトル拡散信号との相関値を算出する相関値算出手段と、この相関値を遅延する複数の遅延手段と、これら複数の遅延手段からの複数の遅延信号を相互に比較する複数の比較手段と、これら複数の比較手段により比較された複数の遅延信号が所定のエネルギー以上のエネルギーをもつスペクトル拡散信号を受信した時刻を測定する測定手段とにより、上記移動局はスペクトル拡散信号の受信タイミングを決定することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0076】さらに、上記移動局はマルチパスによって複数のタイミングで受信した複数の基地局からのスペクトル拡散信号の中で最も早いタイミングのスペクトル拡散信号を、所定の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の受信タイミングとすることにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0077】そのうえ、上記移動局から遠い基地局から送信されるスペクトル拡散信号の拡散符号長を大きくして、相関値を計算することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0078】さらに、上記移動局は複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号を検出した後、スペクトル拡散符号検出のための拡散符号長を大きくして既に検出したタイミングより早い範囲で、さらに先行するタイミングのスペクトル拡散信号があるか否かを検索することにより、スペクトル拡散信号のPN符号の検出性能を向上させることができ、このPN符号の検出時間を短縮することができる。

【0079】ここで、上記移動局は、予め複数の基地局毎に決められたスペクトル拡散信号の送信時間の差分と位置情報とをテーブルとして備え、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報を送信するためのシンク・チャンネルのメッセージを復調し、復調タイミングを検出する復調手段と、上記復調手段により復調されたデータから上記基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分を求めるシフト量抽出手段と、上記スペクトル拡散信号の受信時刻を検出する受信信号検出手段と、上記復調手段からの復調タイミングと上記シフト量抽出手段からの送信時間の差分と上記受信信号検出手段からのスペクトル拡散信号の受信時刻とにより受信信号の基準タイミングを求めるタイミング抽出手段と、上記

タイミング抽出手段により抽出された受信信号の基準タイミングから複数の基地局の座標情報を求める基地局座標出力手段と、上記タイミング抽出手段からの複数の基地局の受信時刻及び送信時間の差分と、上記基地局座標出力手段からの複数の基地局の座標情報とにより複数の基地局の位置を算出する位置算出手段とから成ることにより、上記移動局の位置を算出する際に必要な基地局に位置情報を簡易に求めることができる。

【0080】また、上記所定の基地局及びこの所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを含むメッセージを、複数の基地局から送信されるスペクトル拡散信号の周期情報の送信に用いられるシンク・チャンネル、チャンネルの割り当て情報の送信に用いられるページング・チャンネル、又は測位専用チャンネルを介して送信することにより、上記移動局の位置を算出する際に必要な基地局に位置情報を簡易に求めることができる。

【0081】さらに、上記測位専用チャンネルのデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることにより、CDMA方式のデジタル移動通信システム本来のサービスへの悪影響を抑えることができる。

【0082】ここで、上記各基地局において、所定の基地局の座標情報はそのまま送信し、周辺の基地局の座標情報は上記所定の基地局との差を送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システム本来のサービスへの悪影響を抑えることができる。

【0083】そのうえ、上記所定の基地局及び所定の基地局の周辺の基地局のスペクトル拡散信号の送信時間の差分と座標情報とを送信する際に、それぞれの基地局毎の誤り検出符号又は誤り訂正符号を送信することにより、移動局が必要としない基地局分のデータに誤りがあっても測位を行うことができる。

【0084】上記移動局から基地局方向の通信チャンネルの内のアクセス・チャンネルを用いて、上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0085】また、上記移動局が待ち受け状態の場合には上記アクセス・チャンネルを用い、上記移動局が通話状態の場合には音声情報の送信に用いられるトラフィック・チャンネルを用いて上記移動局の位置情報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0086】このとき、上記移動局から基地局方向の通信チャンネルに測位結果送信用チャンネルを設け、この測位結果送信用チャンネルを用いて上記移動局の位置情

報を基地局或いは測位専用の管理局に送信することにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムにより測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0087】また、上記移動局から送信されるスペクトル拡散信号のデータレートを小さくし、スペクトル拡散信号の拡散率を大きくすることにより、CDMA方式のデジタル移動通信システムに与える影響を小さく抑えて移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【0088】さらに、上記移動局はCDMA方式デジタル移動通信システムにより使用される周波数チャンネル以外の周波数チャンネルを用いて、CDMA方式デジタル移動通信システムによる複数の基地局或いは測位専用の管理局又は既存の通信網による複数の基地局に上記移動局の位置情報を送信することにより、測位された移動端末からユーザ局へ測位結果を転送することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る測位システムの概念的な構成を示す図である。

【図2】CDMA方式デジタル移動通信システムの基地局から移動局方向のチャンネルの概略的な構成を示す図である。

【図3】移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図4】図3のPN符号検出回路からの出力を示す図である。

【図5】第2のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図6】移動端末で検出される各基地局の時間を示す図である。

【図7】移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図8】第2の移動端末のPN符号検出回路の概略的な構成を示す図である。

【図9】図8のPN符号検出回路におけるタイミングを示す図である。

【図10】移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図11】シンク・チャンネルを用いた場合の移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図12】基地局から移動局方向のメッセージ・フォーマットを示す図である。

【図13】ページング・チャンネルを用いた場合の移動端末の概略的な構成を示す図である。

【図14】測位専用チャンネルを用いた場合の移動端末

の概略的な構成を示す図である。

【図15】各基地局のメッセージ・フォーマットを示す図である。

【図16】CDMA方式デジタル移動通信システムの移動局から基地局方向のチャンネルの基地局の受信機の概略的な構成を示す図である。

【図17】測位データのフォーマットを示す図である。

【図18】本発明に係る測位システムによる測位データを各ユーザ局に転送するシステムの概略的な構成を示す図である。

【図19】本発明に係る測位システムによる測位データを各ユーザ局に転送する第2のシステムの概略的な構成を示す図である。

【図20】デジタル移動通信システムの概略的な構成を示す図である。

【図21】陸上移動通信における電波伝搬の概略的な構成を示す図である。

【図22】陸上移動通信における基地局からの距離と信号強度との関係を示す図である。

【符号の説明】

- 1、2、3、4・・・基地局
- 5・・・移動端末
- 6、23・・・PN符号発生器
- 14・・・チャンネル加算器
- 15、20、96・・・アンテナ
- 16、21、95・・・受信機
- 17・・・マッチト・フィルタ
- 19・・・別システム基地局
- 30・・・PN符号相関器
- 40・・・PN符号検出器
- 50、60、70、80・・・シンク・チャンネル復調器
- 51、61、71、81・・・PN時間シフト量抽出回路
- 52、62、72、82・・・PN符号検出器
- 53、63、73、83・・・基地局別PN符号タイミング抽出回路
- 54、64、74、84・・・基地局座標出力回路
- 55、65、75、85・・・位置計算回路
- 66、76、86・・・基地局座標情報抽出回路
- 77・・・ページング・チャンネル復調器
- 87・・・測位専用チャンネル復調器
- 90、91・・・アクセス・チャンネル復調器
- 92、93・・・トラフィック・チャンネル復調器
- 94・・・測位専用チャンネル復調器

JP-A-7-181242

(43) Published: July 21, 1995

(21) Patent Application No. 5-324512

(22) Filed: December 22, 1993

(71) Applicant: Sony Corp.

(54) [Title of the Invention]

POSITIONING SYSTEM

(57) [Abstract]

[Constitution] A position of a mobile terminal 5 is calculated according to a sending time difference of a PN code of each of four base stations 1, 2, 3, and 4, obtained from coordinate data of each of said four base stations 1 to 4 and a sending time of a signal from each of a plurality of said base stations to said mobile terminal in a CDMA method digital mobile communication system.

[Effect] The position of a mobile station can be located easily.

[What Is Claimed Is]

1. A positioning system for calculating a position of a mobile station in a mobile communication system that communicates with a plurality of base stations by using the CDMA method;

wherein a position of said mobile station is calculated according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of said base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of a plurality of said base stations from each of the same series spread spectrum signals received from a plurality of said base stations.

2. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of said base stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of said spread spectrum signals received from a plurality of said base stations; a plurality of delaying means used to delay this correlation value respectively; a plurality of comparing means used to compare among a plurality of said delayed signals received from a plurality of said delay means respectively; counting means used to count a receiving time of a spread spectrum

signal that is over a predetermined energy among said delayed signals compared by those comparing means.

3. The positioning system according to Claim 2, wherein said mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of said base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station.

4. The positioning system according to Claim 1 or 3, wherein a correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from said mobile station.

5. The positioning system according to Claim 3, wherein said mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of said base stations, increases the length of a spread code used to detect other spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals.

6. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference

predetermined for each base station and the position information of said base station further includes;

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of said base stations, thereby detecting a demodulation timing;

shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of said base stations, obtained from said data demodulated by said demodulating means;

received signal detecting means that detects a receiving time of each of said spread spectrum signals;

timing extracting means that finds a reference timing of received signals according to a demodulation timing received from said demodulating means, a sending time difference received from said shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from said received signal detecting means;

base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of said base stations from said reference timing of received signals extracted by said timing extracting means respectively; and

positioning means that calculates a position of each of a plurality of said base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of said

base stations, received from said timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of said base stations received from said base station coordinate outputting means.

7. The positioning system according to Claim 6, wherein said sync channel message includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and respective base stations in its neighborhood; and said system is further provided with coordinate information extracting means that extracts coordinate information from data demodulated by said demodulating means according to a sending time difference of each of a plurality of said base stations.

8. The positioning system according to Claim 7, wherein a paging channel is used for sending said message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood, said paging channel being used for sending message channel assignment information.

9. The positioning system according to Claim 7, wherein a positioning-dedicated channel is used to send said message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said

predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood.

10. The positioning system according to Claim 9, wherein the data rate of said positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of said spread spectrum signal is raised.

11. The positioning system according to Claim 7, 8, or 9,

wherein coordinate information of said predetermined base station is sent as is while only a difference from that of said predetermined base station is sent from said respective base stations in the neighborhood of said predetermined base station.

12. The positioning system according to Claim 9, wherein an error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood.

13. The positioning system according to Claim 1, wherein an access channel in a communication channel from said mobile station to a base station is used to send said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

14. The positioning system according to Claim 13,

wherein said mobile station uses said access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

15. The positioning system according to Claim 13, wherein said communication channel from said mobile station to said base station is provided with a positioning result sending channel used to send said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

16. The positioning system according to Claim 15, wherein the data rate of said spread spectrum signal sent from said mobile station is lowered while the spreading rate of said spread spectrum signal is raised.

17. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station uses a frequency channel that is not used for said mobile communication system so as to send position information of said mobile station to a plurality of said base stations belonging to said mobile communication system, said positioning-dedicated management station, or a plurality of said base stations belonging to an existing network.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Utilization]

The present invention relates to a positioning system that locates a position of a mobile station (mobile terminal).

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, the positioning system that locates a position of a mobile station or mobile terminal is one of navigation systems, which employs a GPS (Global Positioning System) that uses radio waves irradiated from satellites and/or a navigation assisting system that employs shipping waves to obtain position information. The so-called loran-C, etc. are known as such positioning systems. The loran-C finds a distance by measuring an arrival time difference among pulse waves sent from a plurality of land stations and synchronized with the same frequency respectively.

[0003]

[Problem to be Solved by the Invention]

When any of the GPS and the loran-C is used for positioning, however, some devices including an antenna, another receiver, etc. are needed. This is why it has been considered to be more appropriate to use a mobile communication system simplified more than the GPS, the

loran-C, etc. for the positioning. One of such concrete positioning system examples is a positioning system that employs a so-called CDMA (Code Division Multiple Access) digital cellular system.

[0004]

In recent years, however, attention is paid to a spread spectrum communication method, that is, a so-called SS method that spreads a modulated wave in a spectrum band several hundreds to several thousands wider than the band of subject information so as to make communications. This spread spectrum communication method enables the transmitter to modulate the carrier with a PN (pseudo noise) code series, thereby the frequency spectrum is spread. On the other hand, the receiver receives data passed through an inversely spreading process or correlating process that uses a PN series generated by a PN code series generator in the same structure as that of the transmitter. The processed data is then passed to base band modulation.

[0005]

When the receiver demodulates a received signal by using the spectrum spreading communication method, the received signal PN series pattern, as well as the timing must match between both transmitter and receiver. In other words, the generation timing or generation phase of the signal must match between both transmitter and receiver.

Consequently, the communication line is connected between the transmitter and the receiver only when the PN series, the timing, and the phase of the signal match between the transmitter and the receiver. Therefore, communication is enabled via many channels due to the differences of PN series by making the most of the features of the spectrum spreading communication method while the same frequency is used. The CDMA method is such a method enabled for multi-channel connections by identifying a channel with its PN code and by making the most of the features of the spectrum spreading communication method.

[0006]

The digital mobile communication system that employs this CDMA method is intended for voice communications. The system is featured in that it can realize a larger communication capacity and a higher communication quality than any of the conventional analog cellular communications. In the CDMA method digital mobile communication system, a plurality of base stations send their spread codes (pilot PN codes) repetitively via a channel referred to as a pilot channel respectively by using the-described spectrum spreading communication method, so that a position of a mobile station can be located basically by counting a sending delay time difference among the spread codes from a plurality of base stations.

[0007]

However, a positioning system that employs this CDMA method digital mobile communication system has been confronted with the following problems.

[0008]

At first, every positioning system that enables each mobile terminal to make positioning must know the position from which a positioning wave is sent. In the case of the CDMA method digital mobile communication system, this wave source point is a base station and this wave source point must be known beforehand by each mobile station of the system.

[0009]

As described above, the CDMA method digital mobile communication system is a system intended for voice communication and the positioning system must be realized so as not to affect the services of the communication system adversely, for example, so as not to reduce the communication capacity.

[0010]

Fig.20 shows a basic block diagram of such a mobile communication system. In Fig.20, areas (service areas) 201, 202, and 203 that include base stations 1, 2, and 3 respectively are disposed with no space therebetween. For example, when data is sent from a base station 3 in the

service area 203 to a mobile terminal 204, the radio wave is sent via a switching control station 200 in a public line network.

[0011]

While a plurality of base stations that can connect a line respectively around the boundary among those service areas 201, 202, and 203, the sending power of each of the base stations 1 to 3 is controlled to the minimum necessary level so as to minimize the interference of one base station on another. Consequently, the sending power of a base station around the center of an area is not strong enable the line of another service area to be connected there.

[0012.]

Fig.21 shows a schematic block diagram of a radio wave sending method of land mobile communication represented by the cellular one. For the cellular communication, the antenna of a base station, for example, that of the base station 4, is not so high; actually it is just several tens of meters in height. Therefore, the radio wave does not reach the mobile terminal 204 except when the mobile terminal 204 is in an open suburban area. Usually, therefore, the mobile terminal comes to receive reflected waves RW caused by buildings, mountains, cliffs, etc. existing around itself. In such a case, the transmission distance of each reflected wave RW becomes larger than the

direct wave DW sending distance as shown in Fig.21. This often causes errors in calculations for positioning.

[0013]

Fig.22 shows a relationship between a sending distance of a radio wave and a signal strength. The farther a base station is separated from the mobile terminal 204, the lower the radio wave strength from the base station, that is, the signal strength becomes. It is estimated that the base station might be separated more than 10km from the mobile terminal 204 in maximum, so that the mobile terminal 204 is usually required to detect very weak signals.

[0014]

For such a positioning system that uses satellites, a mobile terminal receives radio waves directly from those satellites to calculate the position of itself. For land communications such as the cellular one, however, a mobile terminal can hardly receive the radio wave directly from any base station, so that the mobile terminal often receives reflected waves. In such a case, a significant error might occur in the position calculation and how to minimize the error is very important. In such a positioning system that uses satellites, a mobile terminal can receive a radio wave from each satellite at an almost fixed wave strength. In the CDMA method digital mobile communication system, however, the wave strength from each base station is varied

significantly among mobile terminals and this must be taken into consideration.

[0015]

Under the circumstances, it is an object of the present invention to provide a positioning system that enables a mobile terminal to locate the position of itself with use of a method simplified more than any conventional one.

[0016]

[Means for Solving the Problem]

In order to achieve the object, the positioning system of the present invention, which is used to calculate a position of each mobile station in a mobile communication system that employs the CDMA method for communications among a plurality of base stations, calculates a position of the mobile terminal according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of the base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of a plurality of the base stations from each of the same series spread spectrum signals received from a plurality of the base stations.

[0017]

The mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of the base

stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of the respective spread spectrum signals received from a plurality of the base stations; a plurality of delaying means used to delay this correlation value respectively; a plurality of comparing means used to compare among a plurality of the delayed signals received from a plurality of the delay means respectively; counting means used to count a receiving time of a spread spectrum signal that is over a predetermined energy among the delayed signals compared by those comparing means.

[0018]

The mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of the base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station.

[0019]

Each correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from the mobile station.

[0020]

The mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of the base stations, increases the length of a spread code used to detect other

spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals.
[0021]

The mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference predetermined for each base station and the position information of the base station further includes;

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of the base stations, thereby detecting a demodulation timing; shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of the base stations, obtained from the data demodulated by the demodulating means; received signal detecting means that detects a receiving time of each of the spread spectrum signals; timing extracting means that finds a reference timing of received signals according to a demodulation timing received from the demodulating means, a sending time difference received from the shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from the received signal detecting means; base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of the base stations from

the reference timing of received signals extracted by the timing extracting means respectively; and positioning means that calculates a position of each of a plurality of the base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of the base stations, received from the timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of the base stations received from the base station coordinate outputting means.

[0022]

The sync channel message includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of each of the predetermined base station and each of base stations in its neighborhood; and

the system is further provided with coordinate information extracting means that extracts coordinate information from data demodulated by the demodulating means according to a sending time difference of each of a plurality of the base stations.

[0023]

Here, a paging channel is used for sending the message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its

neighborhood. The paging channel is used for sending message channel assignment information.

[0024]

The data rate of the positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised.

[0025]

Coordinate information of the predetermined base station is sent as is while only a difference from that of the predetermined base station is sent from the respective base stations in the neighborhood of the predetermined base station.

[0026]

An error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood.

[0027]

An access channel in a communication channel from the mobile station to a base station is used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0028]

The mobile station uses the access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0029]

In this case, the communication channel from the mobile station to the base station is provided with a positioning result sending channel used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0030]

The data rate of the spread spectrum signal sent from the mobile station is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised.

[0031]

The mobile station uses a frequency channel that is not used for the mobile communication system so as to send position information of the mobile station to a plurality of the base stations belonging to the mobile communication system, the positioning-dedicated management station, or a plurality of the base stations belonging to an existing network.

[0032]

[Function]

The present invention makes it easy to locate a mobile station according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of those base stations from each of the same series spread spectrum signals received from those base stations.

[0033]

[Preferred Embodiments]

The preferred embodiments of the invention will be described with reference to the accompanying drawings.

[0034]

Fig.1 shows a schematic block diagram of a positioning system of the present invention with respect to how signals are sent from respective base stations. When a mobile station makes an attempt to locate its position, the mobile station must receive signals at least from three base stations. However, the more the locating accuracy is improved, the more the number of base stations from which signals can be received increases. In Fig.1, therefore, four base stations are provided and the coordinates of the mobile terminal 5, the base stations 1, 2, 3, and 4 are assumed as (x, y, z) , (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) , and (x_4, y_4, z_4) respectively.

[0035]

Fig.2 shows a schematic block diagram of a transmitter of each base station. In the CDMA method digital mobile communication system for which the positioning system of the present invention applies, for example, in a so-called digital cellular system, signals are sent/received among a plurality of base stations and each of the spread spectrum signals used in the sending/receiving operation includes a time delay preset for respective base stations from a reference sending timing, concretely a so-called pilot PN offset. Four types of code channels (pilot channel, sync channel, paging channel, and traffic channel) are prepared for the signals to be sent from respective base stations to each mobile station (forward link) in this CDMA method digital mobile communication system. The pilot channel is used to send PN codes repetitively and synchronize a base station with the mobile terminal 5, keep the synchronization, and regenerate a clock. The pilot channel is not used to send data. The sync channel is used to make the time information and the long cycle PN code match between respective base stations and the mobile terminal 5. The paging channel is divided into seven types in maximum and used to send information necessary for hand-off operation, information for calling a terminal at the time of receiving an incoming call, response information from a base station

at the time of making a call, and send traffic channel assignment information. There are 64 types for the traffic channel used to send voice information at the time of talking.

[0036]

In the CDMA method digital mobile communication system, a spread code to be multiplied by the four types of channel data is changed, multiplexed, then sent with the same frequency. In this system, a spread code is obtained by multiplying a PN code by a Walsh code in an orthogonal function series. This Walsh code is changed to generate each of the channels.

[0037]

At first, a PN code generated by a PN code generator 6 is sent to multipliers 7, 8, 10, and 12 respectively. The value of the Walsh code used for the pilot channel is always zero (0) and the PN code is thus sent to a channel adder 14 as pilot channel data as is via the multiplier 7. Consequently, the mobile terminal 5 comes to detect the timing of a spread code of the pilot channel so as to detect a PN code received from respective base stations. Sync channel data is multiplied in the multiplier 9 by a value obtained by multiplying a Walsh code (value: 32) by a PN code in the multiplier 8. Paging channel data is multiplied in the multiplier 11 by a value obtained by multiplying a Walsh

code (value: 1) by a PN code in the multiplier 10. Traffic channel data is multiplied in the multiplier 13 by a value obtained by multiplying a Walsh code (value: n) by a PN code in the multiplier 12. The pilot channel data, as well as other channel data multiplied in the multipliers 9, 11, and 13 are sent to the channel adder 14, then sent to the modulator of each base station.

[0038]

The mobile terminal 5 selects a spread code generated by the PN code generator 6, thereby demodulating the data of a desired code channel other than the pilot channel. Unlike the mobile communication systems of other methods, in the CDMA method digital mobile communication system, the same frequency is used in adjacent areas, that is, in all the base stations including the service areas. Consequently, a receiver, when it can receives data of a frequency channel, can detect PN codes from a plurality of base stations. This system is thus very efficient for positioning. In addition, each base station is assigned a unique delay time from a reference timing referred to as a pilot PN offset and each base station sends its PN code delayed by the pilot PN offset. As a result, a receiver can separate/demodulate any signals multiplexed with such a time different in the spread spectrum communication,

thereby it becomes possible for a mobile terminal to detect the PN codes from a plurality of base stations.

[0039]

Next, a mobile terminal assumed as a receiver will be described. For a positioning system that employs the CDMA method digital mobile communication system, a mobile terminal receives and detects the pilot channel data sent from respective base stations. Fig.3 shows a schematic block diagram of a detection circuit of the mobile terminal, used to detect the pilot channel data from those base stations.

[0040]

The signal from a base station is entered to a receiver 16 via an antenna 15 of the mobile terminal. The receiver 16 down-converts the received signal frequency to a frequency optimized to a matched filter 17, detected, then entered to the matched filter 17. The matched filter 17 calculates a correlation value with the predetermined code string, that is, the PN code and obtains an output signal in accordance with the correlation.

[0041]

Fig.4 shows an output from a USA CDMA method digital mobile communication system as an example of the output from the matched filter 17. The cycle of the PN code output from this CDMA method digital mobile communication system is

about 26.7ms. The matched filter 17 also makes the output at the same cycle to correspond to a specific base station. Each of other base stations sends its PN code delayed by a predetermined sending time difference, concretely by a so-called pilot PN offset. This pilot PN offset means a time delay preset for each base station uniquely from a reference timing for sending spread spectrum signals. Consequently, the output from the matched filter 17 is also detected at a delay by the pilot PN offset. The reason why each of the outputs S1 and S2 corresponding to each of the base stations 1 and 2 has a plurality of peaks here is that a so-called multi-path is generated by a plurality of reflected waves and each PN code is detected at a delay by a difference among the sending path lengths.

[0042]

Fig.5 shows a second schematic block diagram of the circuit that detects the pilot channel sent from each base station. The signal from a base station is received by a receiver 21 via an antenna 20 and down-converted and wave-detected there, then entered to a multiplier 22. On the other hand, the PN code generated by a PN code generator 23 is entered to the multiplier 22 and multiplied by the received signal there. This multiplied signal is then entered to an integrator 24 and added to the result of the integration there. The integrator 24 integrates each input

signal after it is reset by a reset signal from a control circuit 26 and its output is held by the control circuit 26 in a hold circuit 25, thereby a correlation result is obtained. This correlation result is an instantaneous correlation value. To obtain a result of one cycle of PN codes, therefore, the output of the PN code generator 23 is time-shifted so as to repeat the operation for obtaining the series of correlation values. The signal entered to the PN code generator 23 from the control circuit 26 at this time is used to control time-shifting of the PN code. Although the use of this detection circuit enables the configuration shown in Fig.3 to make the same output, it takes a lot of time to obtain a result of one cycle of PN codes. In spite of this, this method has an advantage that the circuit can be reduced in size.

[0043]

Next, the positioning method of the present invention will be described. In this method, sending times of signals from the base stations 1, 2, 3, and 4 to the mobile terminal 5 are assumed as tp_1 , tp_2 , tp_3 , and tp_4 . Each of the base stations 1 to 4 sends its PN code delayed by a predetermined pilot PN offset. The delay times of their PN codes are assumed as ts_1 , ts_2 , ts_3 , and ts_4 . When a base station sends its PN code with no delay, the sending time is assumed as t_0 and the times at which the mobile terminal 5 of a mobile

station receives PN codes from the base stations 1 to 4 are assumed as t_1 , t_2 , t_3 , and t_4 .

[0044]

Consequently, the distance between each of the base stations 1 to 4 and the mobile terminal 5 is equal to a value obtained by multiplying the sending time by the wave speed, that is, the light speed. The following expressions (1) to (4) are thus obtained. It is also assumed here that the PN codes from the four base stations can be detected.

[0045]

$$(x-x_1) \times 2 + (y-y_1) \times 2 + (z-z_1) \times 2 = (tp_1 \times c) \times 2 \quad \dots (1)$$

$$(x-x_2) \times 2 + (y-y_2) \times 2 + (z-z_2) \times 2 = (tp_2 \times c) \times 2 \quad \dots (2)$$

$$(x-x_3) \times 2 + (y-y_3) \times 2 + (z-z_3) \times 2 = (tp_3 \times c) \times 2 \quad \dots (3)$$

$$(x-x_4) \times 2 + (y-y_4) \times 2 + (z-z_4) \times 2 = (tp_4 \times c) \times 2 \quad \dots (4)$$

Here, "c" denotes the light speed.

[0046]

In the expressions (1) to (4), seven values of x , y , z , tp_1 , tp_2 , tp_3 , and tp_4 are unknown. The time at which each of the base stations 1 to 4 sends the initial part of its PN code becomes as follows; t_0+ts_1 , t_0+ts_2 , t_0+ts_3 , and t_0+ts_4 . Because a predetermined sending delay is added to each of those times at which the mobile terminal 5 receive the PN codes, the result becomes as follows; $t_0+ts_1+tp_1$, $t_0+ts_2+tp_2$, $t_0+ts_3+tp_3$, and $t_0+ts_4+tp_4$. At this time, because the

processing time in the mobile terminal 5 is set off, it is omitted from the times respectively.

[0047]

For the mobile terminal 5 in the CDMA method digital mobile communication system, time adjustment is not done precisely. Therefore, the mobile terminal 5 cannot decide the time t_0 . The mobile terminal 5 can thus count only an arrival time difference of the PN code from each base station as shown in Fig.6. For example, the time differences dt_2 , dt_3 , and dt_4 with which the mobile terminal 5 receive the PN codes from the base stations 2 to 4, when the base station 1 is assumed as the reference station, are calculated by the following expressions (5) to (7) as shown below.

[0048]

$$dt_2 = t_2 - t_1 = t_0 + ts_2 + tp_2 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_2 - ts_1 + tp_2 - tp_1 \quad \dots (5)$$

$$dt_3 = t_3 - t_1 = t_0 + ts_3 + tp_3 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_3 - ts_1 + tp_3 - tp_1 \quad \dots (6)$$

$$dt_4 = t_4 - t_1 = t_0 + ts_4 + tp_4 - (t_0 + ts_1 + tp_1) = ts_4 - ts_1 + tp_4 - tp_1 \quad \dots (7)$$

[0049]

As described above, because the number of unknowns are seven, they can be solved by seven expressions, which are the expressions (5) to (7) and the expressions (1) to (4) described above. When the mobile terminal 5 detects PN codes from five or more base stations, the least squares method, etc. can be used to solve the unknowns. The positioning

accuracy can thus be improved more than when there are four base stations.

[0050]

Fig.7 shows a schematic circuit diagram of a PN code detection circuit for deciding an arrival timing of each spread spectrum signal. When the mobile terminal 5 receives a PN code, a PN code correlator 30 calculates a correlation value with the PN code, then outputs the correlation value. Concretely, this correlator 30 uses a circuit as shown in Fig.3 or Fig.5. It is assumed that a correlation value output from this PN code correlator 30 is b, a signal delayed from this correlation value in a delay circuit 31 is b, and a signal further delayed from this delayed signal b in a delay circuit 32 is a. A threshold value is assumed as d. Then, the peak point is detected on the conditions of $a < b$ and $c < b$ with use of comparators 33 and 34, then signals over a certain level are detected on the conditions of $b > d$ with use of a comparator 35 and passed through an AND circuit, thereby the result is entered to a write control circuit 37 as an enable signal EN_1 used to record a clock time. On the other hand, the value of the clock or timer 39 is entered to the write control circuit 37. The write control circuit 37, when all of the input signal EN_1 , which is the enable signal, as well as input signals EN_2 and EN_3 (to be described later) are high in level, outputs a write signal WR and

records the value received from the clock 39 on a recording medium 38 composed of a memory, etc.

[0051]

The receiver of the CDMA method digital mobile communication system is a RAKE receiver. In any of the conventional mobile communication systems, a multi-path has disturbed the communication. In the case of the spectrum spreading technique employed for the CDMA method digital mobile communication system, however, each receiver can spread the spectrum of spread spectrum signals inversely by adjusting the timing of the PN code to each reflected wave even when such a multi-path exists, thereby demodulating each reflected wave separately. The error rate can thus be lowered by demodulating and synthesizing multi-paths.

Consequently, the CDMA method digital mobile communication system is making an attempt to employ a stronger multi-path. In other words, when there is a multi-path and a plurality of peaks are detected in a PN code detector, signals are demodulated in the order of stronger energies.

[0052]

On the contrary, the positioning system of the present invention uses the receiving time of the earliest arrival reflected wave in a plurality of multi-paths from base stations. In the positioning system, it is important to know the direct distance between each base station and a subject

mobile terminal. The smaller the delay of the path is, the more the wave from the base station becomes close to a direct wave. This is why a value obtained by multiplying the sending time by the light speed becomes closer to the direct distance between the base station and the mobile terminal.

[0053]

Fig.8 shows a schematic block diagram of a receiver that receives the earliest arrival reflected wave in the multi-path. The PN code detector 40 is identical to the circuit shown in Fig.7. As shown in Fig.9, the output OD from a PN code detector 40 appears collectively for each base station due to the multi-path. Consequently, in order to detect each reflected wave from this multi-path, a range is decided for each base station and reflected waves are checked only in the range. This can omit checks in unnecessary ranges. The PN code detector 40 receives signals denoting a detection period IP shown in Fig.9 respectively as an input signal EN_2 , thereby recording only the peak point in the decided range. On the other hand, the output from the D flip-flop 41 is inverted in the NOT circuit 42 and this inverted signal is entered to the PN code detector 40 as an input signal EN_3 . The output from this D flip-flop is driven into the low level due to the reset signal RE generated at the initial part of the detection period IP, thereby the peak point is detected in the

detection period IP. After that, the output is driven into the high level when a write signal WR is generated and recording is inhibited thereafter. This is why only the receiving time of the peak point at the initial part of the detection range is recorded. The PN code correlator as shown in Fig.5 outputs a PN code correlation value in the reverse direction from the output shown in Fig.9 in the viewpoint of the time when the correlator is operated forward at the timing of the PN code generated in this PN code correlator. In this case, there is no need to use the input signal EN_3 . In other words, when the peak point is detected again in the same range, it may be overwritten.

[0054.]

As described above, when a mobile terminal is required to detect all the PN codes included in the pilot channels from the four base stations, the terminal is also required to detect weak PN codes sent from faraway stations. The use of the PN code correlator shown in Fig.5, however, eliminates the increase of the circuit in size even for longer PN codes (received from faraway base station). The length of the PN codes to be correlated can thus be changed easily. In spite of this, a lot of time is still taken to check the detection period of each of the base stations in a general way while weak PN codes sent from faraway base stations can be detected if the PN codes to be correlated

are extended in length. To avoid the problem, the length of PN codes is not extended so much for detecting those PN codes. As a result, it comes to be possible to calculate the position of a mobile terminal if the PN codes from four base stations are detected. When the number of base stations is less than four, the length of their PN codes can be extended for checking signals in ranges in which no detection has been done, thereby PN codes from faraway base stations can be detected without taking a lot of time. In addition, another method to be described later can be employed to hold the pilot PN offset and the position information of each base station on the assumption that a mobile terminal exists around a base station that outputs a strong signal. It is thus possible to select each base station that may be detected according to the distance of each base station from the base station existing around this mobile terminal, thereby limiting the detection period and changing the length of the PN code of each base station for correlation and shorten the detection time or improve the detection performance, that is, the sensibility.

[0055]

While a description has been made for a method for recording the receiving time of the earliest arrival reflected wave in a multi-path from a base station, as well as a method for improving the detection performance by

extending the length of the PN code to be correlated, the extension of the length of the PN code to be correlated is indispensable to find a reflected wave as early as possible even when the signal is weak in strength. When the PN code is kept extended in length, however, it takes too much time for detecting the PN code. In order to avoid the problem, therefore, the PN codes are detected at first by extending the length of PN codes just within a range in which the detection can be saved. Then, the length of PN codes is extended in a short period just before the detection timing, thereby detecting PN codes again and earlier arrival reflected waves. Consequently, it comes to be possible to detect earlier PN codes that are weak in signal strength. In addition, the length of those PN codes may be extended to detect the PN codes again, thereby finding earlier arrival reflected waves when a mobile terminal can count the receiving time of the PN code from each of four base stations and the unknowns can be solved over a normal range by using the expressions (1) to (7) to calculate the position of the mobile terminal or when the mobile terminal can obtain the receiving times of the PN codes from five or more base stations and decide the error to become large if solutions are found by using the least squares method, etc.

[0056]

As described above, when the position of each base station is known, it is possible to calculate and locate the position of a mobile terminal. In the CDMA method digital mobile communication system, however, no mobile terminal is provided with means for knowing the position of any of base stations, so that the mobile terminal must be provided first with the new means. This is why the mobile terminal of the present invention is provided with a built-in conversion table used to calculate and locate the position of each base station according to the pilot PN offset predetermined for the base station.

[0057]

Fig.10 shows the first schematic circuit diagram of a receiver of a mobile terminal. After the mobile terminal is powered or reset, a PN code detector 52 composed as shown in Fig.7 checks the PN code timing and sends the result to a sync channel demodulator 50. The sync channel demodulator 50 adjusts the PN code to the entered timing, thereby demodulating the sync channel data. The base station information is already sent to the sync channel and the information includes the pilot PN offset of the base station. A PN time shift amount extraction circuit 51 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to a PN code timing extraction circuit

53 prepared for each base station. On the other hand, the PN code detector 52 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit of each base station. The extraction circuit 53 detects the reference timing from the demodulation timing of the PN code generated by the sync channel demodulator 50 and the pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 51, thereby identifying each of the pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ... from respective base stations, which are detected from the detection result of the PN code detector 52 respectively. The circuit 53 also supplies those pilot PN offset values to a base station coordinate output circuit 54 and base station pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ..., as well as the receiving times t_1 , t_2 , ... to a position calculation circuit 55 respectively. Receiving the PN code pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 54 supplies the coordinates of the base station to the position calculation circuit 55. The position calculation circuit 55 then calculates the position of the mobile terminal from the base station pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ..., the receiving times t_1 , t_2 , ..., and the base station coordinate information (x_1, y_1, z) , (x_2, y_2, z_2) , then outputs the result.

[0058]

Next, the second schematic block diagram of the receiver of the mobile terminal will be shown in Fig.11. This second embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal receives coordinate information, which is position information, from each base station via the sync channel. Each base station uses the sync channel for sending not only its pilot PN offset, but also both pilot PN offset and coordinate information of each base station in its neighborhood.

[0059]

Fig.12 shows a format of a message to be sent from a base station to a mobile station in the CDMA method digital mobile communication system. This message is composed of a message body MB and an error check bit EC. The message body MB is composed of a message length ML, a message type MT, and data DT. In the message type MT of this message, both base station pilot PN offset and coordinate information of a base station are assigned newly so that the use of the sync channel is enabled for sending the data to the mobile terminal.

[0060]

After the mobile terminal is powered or reset, the mobile terminal checks the timing of a PN code with use of a PN code detector 62 and sends the result to a sync channel demodulator 60. The sync channel demodulator 60 adjusts the

PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data. The sync channel has already received the information of the base station, which includes the pilot PN offset. The PN time shift amount extraction circuit 61 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 63 of each base station. The base station coordinate information extraction circuit 66 then extracts the coordinate information of a base station corresponding to the pilot PN offset from the demodulated sync channel data and supplies the extracted information to a base station coordinate output circuit 64. Consequently, the base station coordinate output circuit 64 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 62 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 63 of each base station. The PN code timing extraction circuit 63 of each base station detects the reference timing from the PN code timing generated by the sync channel demodulator 60 and the pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 61, thereby identifying the pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ... of the base stations, detected from the detection results by the PN code detector 62 and supplies those identified

pilot PN offset values to the base station coordinate output circuit 64. The circuit 63 also supplies the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 65. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 64 supplies the coordinate information of the base station to the position calculation circuit 65. The position calculation circuit 65 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the PN codes from the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ of the base stations, then outputs the result.

[0061]

Next, Fig.13 shows the third schematic block diagram of the receiver of the mobile terminal. This third embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal receives coordinate information from each base station via an existing paging channel. The base station uses the paging channel to send not only its pilot PN offset, but also both pilot PN offset and coordinate information of each base station in its neighborhood. After the mobile terminal is powered or reset, the PN code detector 72 checks the timing of the received PN code and sends the result to the sync channel demodulator 70. The sync channel

demodulator 70 then adjusts the PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data. The sync channel has already received the information of the base station that includes the pilot PN offset. The PN time shift amount extraction circuit 71 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 73 of the base station.

[0062]

The paging channel demodulator 77 demodulates the paging channel and the demodulated paging channel data is supplied to the base station coordinate information extraction circuit 76. The base station coordinate information extraction circuit 76 extracts the coordinate information of the base station corresponding to a pilot PN offset and supplies the extracted information to the base station coordinate output circuit 74. Consequently, the base station coordinate output circuit 74 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 72 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 73 of each base station. The PN code timing extraction circuit 73 detects the reference timing from the timing of the PN code generated by the sync channel demodulator 70 and the pilot PN offset received from

the PN time shift amount detection circuit 71, thereby identifying the pilot PN offset values of the base stations ts_1, ts_2, \dots . Each of the identified PN offset values is supplied to the base station coordinate output circuit 74. The circuit 73 also supplies the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of those base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 75. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 74 supplies the coordinate information of the base station to the position calculation circuit 75. The position calculation circuit 75 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) \dots$ of the base stations, then outputs the result.

[0063]

Next, a description will be made for the fourth schematic circuit diagram of the receiving circuit of the mobile terminal shown in Fig.14. This fourth embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal uses the coordinate information of each base station received via a newly provided positioning data channel. Each base station uses the newly provided positioning data channel to send not only the pilot PN offset of itself, but also both pilot PN offset and coordinate

information of each of the base stations in its neighborhood. In the second and third embodiments, existing channels employed for the CDMA method digital mobile communication system are used, so that this might affect the CDMA method digital mobile communication system adversely. In other words, in the case where a new message is adopted for a channel of the CDMA method digital mobile communication system while the CDMA method digital mobile communication system is running, mobile terminals that are already sold may be confronted with troubles and it cannot guarantee that those existing mobile terminals are prevented from such troubles when they ignore the new message. This problem can be solved, however, by preparing a dedicated data channel to be used to reduce the possible adverse influence to be exerted on the CDMA method digital mobile communication system.

[0064]

After the mobile terminal is powered or reset, the PN code detector 82 checks the timing of a received PN code and sends the result to the sync channel demodulator 80. The sync channel demodulator 80 adjusts the PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data, which already receives the information of the base station, which includes the pilot PN offset. The PN time shift amount detection circuit 81 extracts the pilot PN offset of the base

station from the demodulated data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 83 of each base station. The position-dedicated channel demodulator 87 demodulates the positioning-dedicated channel, thereby the positioning-dedicated channel data is supplied to the base station coordinate information extraction circuit 86. The base station coordinate information extraction circuit 86 then extracts the coordinate information of the base station corresponding to the pilot PN offset and supplies the extracted information to the base station coordinate output circuit 84. Consequently, the base station coordinate output circuit 84 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 82 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 83 of each base station. The PN code timing extraction circuit 83 of each base station then detects the reference timing from the timing of each PN code generated by the sync channel demodulator 80 and each pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 81, thereby identifying each of the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations from the detection results of the PN code detector 82. The circuit 83 then supplies the identified pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots to the base

station coordinate output circuit 84, then the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of those base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 85. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 84 supplies the coordinate information to the position calculation circuit 85. The position calculation circuit 85 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ of those base stations, then outputs the result.

[0065]

In the fourth embodiment, a base station lowers the bit rate when sending both pilot PN offset and coordinate information of itself, as well as those of other base stations in its neighborhood by using a newly provided positioning data channel and raises the spreading rate when spreading a spectrum signal, thereby suppressing the sending power of the positioning data channel and minimizing adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA method digital mobile communication system, thereby preventing the system capacity from reduction, etc. A data rate of spread spectrum signals may be small, since the data (pilot PN shift amount and position information)

to be sent by the positioning data channel is not so much, which is just for 10 to 20 base stations; the initialization time of the mobile terminal is less restricted than the telephone terminals of mobile communication systems; and those information items are all fixed values. Concretely, the total amount of those information items will be about 500 bits. The data rate of spread spectrum signals will thus become 100 bps or under when it is allowed to take several seconds for transferring those signals. While the spectrum spreading rate of the CDMA method digital mobile communication system is about 100 to 300 times, the rate of the positioning-dedicated channel, when it is raised to 10000 times or over, can be lowered to a several tenths or a hundredth or under depending on the data rate when compared with the sending power of existing channels. Therefore, the original CDMA method digital mobile communication system will not be affected almost at all.

[0066]

As described in the fourth embodiment, when a base station uses the newly provided data channel to send both pilot PN offset and position information of itself, the base station should send its position data completely and send only a difference from the position data with respect to those of each of other base stations in its neighborhood. This can suppress the total amount of the data to send. For

example, 65 bits are needed to represent a position of a base station precisely in units of one meter in scale with station coordinates (latitude, longitude, and height). On the contrary, only 43 bits are needed if, for example, a base station in the neighborhood is represented at a difference within a range of +10 to -10 minutes for both latitude and longitude and at a difference within a range of +1000 to -1000 for the height.

[0067]

In the second to fourth embodiments, if each base station sends both pilot PN offset and position information of itself while the number of existing base stations is n , as shown in Fig. 15, the base station is required to send data DT_1 and check bit CB_1 of itself, then both base station data and check bit of each of those n base stations in the order of base station data DT_2 , check bit CB_2, \dots , base station data DT_n , and check bit CB_n . Such way, an error detection or error correction code is added to information of each base station. At this time, what the mobile station needs is the pilot PN offset and the position information of each base station of which PN code is detected; the mobile terminal is not requested to receive those information items from all base stations correctly. As well known, error occurrence cannot be avoided during data sending in mobile communications. When the bit error rate is fixed and data

increases in length, the error occurrence rate also rises. Consequently, the error occurrence rate should be lowered by reducing a data unit to which an error detection or error correction code is to be added. The mobile terminal is then enabled to make positioning if it can receive the information of each base station of which PN code is detected completely.

[0068]

So far, a description has been made for a method that uses a CDMA method digital mobile communication system for positioning, thereby the mobile terminal can locate the position of itself in each of the embodiments. The method, however, cannot supply services such as the RDSS (Radio Determination Satellite Service) without modification. For example, when a transportation company center makes an attempt to manage the position of each of its trucks, the mobile terminal is requested to send the positioning result to the center by using some means. In such a case, it is one of possible methods to be thought of to use an access channel employed for the CDMA method digital mobile communication system to prepare means for transferring positioning data.

[0069]

Fig.16 shows a schematic block diagram of a receiver channel. A spread spectrum signal received via an antenna

96 is divided by a receiver 95 into signals so as to be sent to modulators via a plurality of channels. The access channel is used to send a calling request when a telephone terminal of a mobile communication system makes a call and send a response message to a message from a base station that uses the paging channel. Because several access channels are prepared for each paging channel, the channel data is sent to an access channel demodulator 90, an access channel demodulator 91, etc. of each channel so as to be demodulated there. The format of this access channel data is composed of a message length ML, a message body MB, and an error check bit EC as shown in Fig.17. The message body MB is composed of a message type MT, a positioning data number DD, and positioning data DA. A message for transferring position information is assigned to this message type MT so that positioning data can be transferred.

[0070]

Fig.18 shows a block diagram of a positioning system that uses access channels. The mobile terminal 5 sends a positioning result to a base station via an access channel. This signal might also be received by a plurality of base stations, however. For example, a signal received by base stations 1, 2, and 3 is sent to a control station 100 and duplicated data is deleted there according to the

positioning data number DD included in the positioning data, then transferred to the user station (101, 102, and 103). [0071]

As described above, when an access channel is used, error occurrence is expected when the access channel is used for both of a telephone terminal of a mobile communication system and a positioning mobile terminal of the present invention. In order to avoid the trouble, therefore, the telephone terminal of the mobile communication system, because it uses a talking channel referred to as a traffic channel during talking, uses a traffic channel to transfer positioning data during the talking and uses an access channel to transfer positioning data when in the waiting state. This is why the present invention can realize a terminal usable as both a telephone terminal of the CDMA method digital mobile communication system and as a mobile terminal of a positioning system commonly. The format of the traffic channel is the same as that of the access channel shown in Fig.17. The schematic configuration of the receiver channel is the same as that shown in Fig.16. And, because there are several traffic channels for each paging channel just like the access channel, data is sent to a traffic channel demodulator 92 and a traffic channel demodulator 93 of each traffic channel,... so as to be demodulated there respectively.

[0072]

When an access channel or traffic channel employed for the CDMA method digital mobile communication system is used for transferring positioning data, telephone terminals of mobile communication systems might be affected adversely by the use. In order to avoid the problem, therefore, a positioning-dedicated channel may be prepared. The format of the positioning-dedicated channel is not necessary be the same as that of any of existing channels of the CDMA method digital mobile communication system; it is only required to prepare positioning data numbers. In addition, a positioning-dedicated channel demodulator 94 is included in the receiver side channel configuration as shown in Fig.16. A positioning system that uses a positioning-dedicated channel is the same as that shown in Fig.18; the mobile terminal 5 sends positioning results via the positioning-dedicated channel. This signal might also be received by a plurality of base stations, however. The received signal is therefore sent to the control station 1 so that duplicated data is deleted from the received signal according to the positioning data number included in the positioning data, then transferred to the user station (101, 102, and 103).

[0073]

When the positioning-dedicated channel is used such way, the bit rate is lowered to raise the spreading rate of the spread spectrum signals and reduce the sending power, thereby minimizing an adverse influence to be exerted on the telephone terminals of mobile communication systems.

[0074]

In this case, however, it is expected that both communication quality and system capacity are degraded due to an adverse influence exerted on those telephone terminals of mobile communication systems when a positioning mobile terminal makes an attempt to send data frequently. This is because the positioning-dedicated channel uses the same frequency as those of existing channels of the CDMA method digital mobile communication system. The problem is avoided, however, by using a communication network independent of the CDMA method digital mobile communication system is used as a channel for transferring positioning data. There is no need to use the same format as that of the CDMA method digital mobile communication system for the messages of the channel, but at least positioning data numbers are needed. The configuration of the positioning system that uses such a positioning data transfer channel is as shown in Fig.19. The mobile terminal 5 sends positioning results via the positioning data transfer channel. The signals sent via the channel are received by

the base station 19 of another system, then transferred from there to the user station (101, 102, and 103).

[0075]

[Effects of the Invention]

As described above, the positioning system of the present invention is used to locate a position of each mobile station in a mobile communication system that employs the CDMA method for the communication among a plurality of base stations. The positioning system enables the mobile station to locate its position easily according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of those base stations from each of the same series spread spectrum signals received from those base stations.

[0076]

The mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of the base stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of the respective spread spectrum signals received from a plurality of the base stations; a plurality of delaying means used to delay this correlation value respectively; a plurality of comparing

means used to compare among a plurality of the delayed signals received from a plurality of the delay means respectively; counting means used to count a receiving time of a spread spectrum signal that is over a predetermined energy among the delayed signals compared by those comparing means. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0077]

The mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of the base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0078]

Each correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from the mobile station. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0079]

The mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of the base stations, increases the length of a spread code used to detect other spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0080]

The mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference predetermined for each base station and the position information of the base station further includes;

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of the base stations, thereby detecting a demodulation timing; shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of the base stations, obtained from the data demodulated by the demodulating means; received signal detecting means that detects a receiving time of each of the spread spectrum signals; timing extracting means that finds a reference timing of received signals according to a demodulation

timing received from the demodulating means, a sending time difference received from the shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from the received signal detecting means; base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of the base stations from the reference timing of received signals extracted by the timing extracting means respectively; and positioning means that calculates a position of each of a plurality of the base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of the base stations, received from the timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of the base stations received from the base station coordinate outputting means. It is thus possible to easily obtain position information each necessary base station for calculating a position of the mobile station.

[0081]

The sync channel message includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood; and

the system is further provided with coordinate information extracting means that extracts coordinate information from data demodulated by the demodulating means

according to a sending time difference of each of a plurality of the base stations. It is thus possible to easily obtain position information each necessary base station for calculating a position of the mobile station.

[0082]

Here, a paging channel is used for sending the message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood. The paging channel is used for sending message channel assignment information. It is thus possible to easily obtain position information each necessary base station for calculating a position of the mobile station.

[0083]

The data rate of the positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised. It is thus possible to suppress adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA digital mobile communication system.

[0084]

Coordinate information of the predetermined base station is sent as is while only a difference from that of the predetermined base station is sent from each of the base stations in the neighborhood of the predetermined base station. It is thus possible to suppress adverse influences

to be exerted on the original services of the CDMA digital mobile communication system.

[0085]

An error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood. It is thus possible to suppress adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA digital mobile communication system.

[0086]

An access channel in a communication channel from the mobile station to a base station is used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0087]

The mobile station uses the access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning

results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0088]

In this case, the communication channel from the mobile station to the base station is provided with a positioning result sending channel used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0089]

The data rate of the spread spectrum signal sent from the mobile station is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0090]

The mobile station uses a frequency channel that is not used for the mobile communication system so as to send position information of the mobile station to a plurality of the base stations belonging to the mobile communication system, the positioning-dedicated management station, or a

plurality of the base stations belonging to an existing network. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is located.

[Brief Description of the Drawings]

Fig.1 is a conceptual block diagram of a positioning system of the present invention.

Fig.2 is a schematic block diagram of a channel from a base station to a mobile station in the CDMA method digital mobile communication system.

Fig.3 is a schematic circuit diagram of a PN code detection circuit of the mobile terminal.

Fig.4 shows an output from the PN code detection circuit shown in Fig.3.

Fig.5 is a schematic circuit diagram of a second PN code detection circuit.

Fig.6 shows a time of each base station, detected by the mobile terminal.

Fig.7 is a schematic circuit diagram of the PN code detection circuit of the mobile terminal.

Fig.8 is a schematic circuit diagram of the PN code detection circuit of a second mobile terminal.

Fig.9 is a timing chart of the PN code detection circuit shown in Fig.8.

Fig.10 is a schematic block diagram of the mobile terminal.

Fig.11 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a sync channel.

Fig.12 is a format of a message transferred from a base station to a mobile station.

Fig.13 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a paging channel.

Fig.14 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a positioning-dedicated channel.

Fig.15 is a format of a message sent from each base station.

Fig.16 is a schematic block diagram of channels from a mobile terminal to base stations in the CDMA method digital mobile communication system.

Fig.17 is a format of positioning data.

Fig.18 is a schematic block diagram of a system that transfers positioning data to each user station via the positioning system of the present invention.

Fig.19 is a schematic block diagram of a second system that transfers positioning data to each user station via the positioning system of the present invention.

Fig.20 is a schematic block diagram of a digital mobile communication system.

Fig.21 is a schematic block diagram of wave sending in land mobile communication.

Fig.22 shows a relationship between a distance from a base station and a signal strength in land mobile communication.

[Explanation of Reference Numerals]

1, 2, 3, 4... Base Station

5... Mobile Terminal

6, 23... PN Code Generator

14... Channel Adder

15, 20, 96... Antenna

16, 21, 95... Receiver

17... Matched Filter

19... Base Station of Another System

30... PN Code Correlator

40... PN Code Detector

50, 60, 70, 80... Sync Channel Demodulator

51, 61, 71, 81... PN Time Shift Amount Extraction Circuit

52, 62, 72, 82... PN Code Detector

53, 63, 73, 83... PN Code Timing Extraction Circuit of Each Base Station

54, 64, 74, 84... Base Station Coordinate Output Circuit

55, 65, 75, 85... Position Calculation Circuit

66, 76, 86... Base Station Coordinate Information Extraction Circuit

77... Paging Channel Demodulator

87... Positioning-Dedicated Channel Demodulator

90, 91... Access Channel Modulator

92, 93... Traffic Channel Demodulator

94... Positioning-Dedicated Channel Demodulator

[Amendment]

[Filed] March 4, 1994

[What Is Claimed Is]

1. A positioning system for calculating a position of a mobile station in a mobile communication system that communicates with a plurality of base stations by using the CDMA method,

wherein a position of said mobile station is calculated according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of said base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of a plurality of said base stations from each of the same series spread spectrum signals received from a plurality of said base stations.

2. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using:

correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of said base stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of said spread spectrum signals received from a plurality of said base stations;

a plurality of delaying means used to delay this correlation value respectively;

a plurality of comparing means used to compare among a plurality of said delayed signals received from a plurality of said delay means respectively;

counting means used to count a receiving time of a spread spectrum signal that is over a predetermined energy among said delayed signals compared by those comparing means.

3. The positioning system according to Claim 2, wherein said mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of said base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station.

4. The positioning system according to Claim 1 or 3, wherein a correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from said mobile station.

5. The positioning system according to Claim 3, wherein said mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of said base stations, increases the length of a spread code used to detect other spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an

earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals.

6. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference predetermined for each base station and the position information of said base station further includes:

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of said base stations, thereby detecting a demodulation timing;

shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of said base stations, obtained from said data demodulated by said demodulating means;

received signal detecting means that detects a receiving time of each of said spread spectrum signals;

timing extracting means that finds a reference timing of received signals according to a demodulation timing received from said demodulating means, a sending time difference received from said shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from said received signal detecting means;

base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of said base

stations from said reference timing of received signals extracted by said timing extracting means respectively; and

positioning means that calculates a position of each of a plurality of said base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of said base stations, received from said timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of said base stations received from said base station coordinate outputting means.

7. The positioning system according to Claim 6, wherein said sync channel is used to send a message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and each of base stations in its neighborhood, said sync channel being used to send cycle information of the spread spectrum signal sent from a plurality of base station.

8. The positioning system according to Claim 6, wherein a paging channel is used for sending said message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood, said paging channel being used for sending message channel assignment information.

9. The positioning system according to Claim 6,

wherein a positioning-dedicated channel is used to send said message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood.

10. The positioning system according to Claim 9, wherein the data rate of said positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of said spread spectrum signal is raised.

11. The positioning system according to Claim 7, 8, or 9,

wherein coordinate information of said predetermined base station is sent as is while only a difference from that of said predetermined base station is sent from said respective base stations in the neighborhood of said predetermined base station.

12. The positioning system according to any of Claim 7, 8, or 9,

wherein an error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of said predetermined base station and said respective base stations in its neighborhood.

13. The positioning system according to Claim 1,

wherein an access channel in a communication channel from said mobile station to a base station is used to send said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

14. The positioning system according to Claim 13, wherein said mobile station uses said access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

15. The positioning system according to Claim 13, wherein said communication channel from said mobile station to said base station is provided with a positioning result sending channel used to send said position information of said mobile station to said base station or positioning-dedicated management station.

16. The positioning system according to Claim 15, wherein the data rate of said spread spectrum signal sent from said mobile station is lowered while the spreading rate of said spread spectrum signal is raised.

17. The positioning system according to Claim 1, wherein said mobile station uses a frequency channel that is not used for said mobile communication system so as to send position information of said mobile station to a

plurality of said base stations belonging to said mobile communication system, said positioning-dedicated management station, or a plurality of said base stations belonging to an existing network.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Utilization]

The present invention relates to a positioning system that locates a position of a mobile station (mobile terminal).

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, the positioning system that locates a position of a mobile station or mobile terminal is one of navigation systems, which employs a GPS (Global Positioning System) that uses radio waves irradiated from satellites and/or a navigation assisting system that employs shipping waves to obtain position information. The so-called loran-C, etc. are known as such positioning systems. The loran-C finds a distance by measuring an arrival time difference among pulse waves sent from a plurality of land stations and synchronized with the same frequency respectively.

[0003]

[Problem to be Solved by the Invention]

When any of the GPS and the loran-C is used for positioning, however, some devices including an antenna, another receiver, etc. are needed. This is why it has been considered to be more appropriate to use a mobile communication system simplified more than the GPS, the loran-C, etc. for the positioning. One of such concrete positioning system examples is a positioning system that employs a so-called CDMA (Code Division Multiple Access) digital cellular system.

[0004]

In recent years, however, attention is paid to a spread spectrum communication method, that is, a so-called SS method that spreads a modulated wave in a spectrum band several hundreds to several thousands wider than the band of subject information so as to make communications. This spread spectrum communication method enables the transmitter to modulate the carrier with a PN (pseudo noise) code series, thereby the frequency spectrum is spread. On the other hand, the receiver receives data passed through an inversely spreading process or correlating process that uses a PN series generated by a PN code series generator in the same structure as that of the transmitter. The processed data is then passed to base band modulation.

[0005]

When the receiver demodulates a received signal by using the spectrum spreading communication method, the received signal PN series pattern, as well as the timing must match between both transmitter and receiver. In other words, the generation timing or generation phase of the signal must match between both transmitter and receiver. Consequently, the communication line is connected between the transmitter and the receiver only when the PN series, the timing, and the phase of the signal match between the transmitter and the receiver. Therefore, communication is enabled via many channels due to the differences of PN series by making the most of the features of the spectrum spreading communication method while the same frequency is used. The CDMA method is such a method enabled for multi-channel connections by identifying a channel with its PN code and by making the most of the features of the spectrum spreading communication method.

[0006]

The digital mobile communication system that employs this CDMA method is intended for voice communications. The system is featured in that it can realize a larger communication capacity and a higher communication quality than any of the conventional analog cellular communications. In the CDMA method digital mobile communication system, a plurality of base stations send

their spread codes (pilot PN codes) repetitively via a channel referred to as a pilot channel respectively by using the-described spectrum spreading communication method, so that a position of a mobile station can be located basically by counting a sending delay time difference among the spread codes from a plurality of base stations.

[0007]

However, a positioning system that employs this CDMA method digital mobile communication system has been confronted with the following problems.

[0008]

At first, every positioning system that enables each mobile terminal to make positioning must know the position from which a positioning wave is sent. In the case of the CDMA method digital mobile communication system, this wave source point is a base station and this wave source point must be known beforehand by each mobile station of the system.

[0009]

As described above, the CDMA method digital mobile communication system is a system intended for voice communication and the positioning system must be realized so as not to affect the services of the communication system adversely, for example, so as not to reduce the communication capacity.

[0010]

Fig.20 shows a basic block diagram of such a mobile communication system. In Fig.20, areas (service areas) 201, 202, and 203 that include base stations 1, 2, and 3 respectively are disposed with no space therebetween. For example, when data is sent from a base station 3 in the service area 203 to a mobile terminal 204, the radio wave is sent via a switching control station 200 in a public line network. When a call is made from a home telephone to the mobile terminal 204, signals pass through a public line, a switching control station 200, and a base station 3.

[0011]

While a plurality of base stations that can connect a line respectively around the boundary among those service areas 201, 202, and 203, the sending power of each of the base stations 1 to 3 is controlled to the minimum necessary level so as to minimize the interference of one base station on another. Consequently, the sending power of a base station around the center of an area is not strong enable the line of another service area to be connected there.

[0012]

Fig.21 shows a schematic block diagram of a radio wave sending method of land mobile communication represented by the cellular one. For the cellular communication, the antenna of a base station, for example, that of the base

station 4, is not so high; actually it is just several tens of meters in height. Therefore, the radio wave does not reach the mobile terminal 204 except when the mobile terminal 204 is in an open suburban area. Usually, therefore, the mobile terminal comes to receive reflected waves RW caused by buildings, mountains, cliffs, etc. existing around itself. In such a case, the transmission distance of each reflected wave RW becomes larger than the direct wave DW sending distance as shown in Fig.21. This often causes errors in calculations for positioning.

[0013]

Fig.22 shows a relationship between a sending distance of a radio wave and a signal strength. The farther a base station is separated from the mobile terminal 204, the lower the radio wave strength from the base station, that is, the signal strength becomes. It is estimated that the base station might be separated more than 10km from the mobile terminal 204 in maximum, so that the mobile terminal 204 is usually required to detect very weak signals.

[0014]

For such a positioning system that uses satellites, a mobile terminal receives radio waves directly from those satellites to calculate the position of itself. For land communications such as the cellular one, however, a mobile terminal can hardly receive the radio wave directly from any

base station, so that the mobile terminal often receives reflected waves. In such a case, a significant error might occur in the position calculation and how to minimize the error is very important. In such a positioning system that uses satellites, a mobile terminal can receive a radio wave from each satellite at an almost fixed wave strength. In the CDMA method digital mobile communication system, however, the wave strength from each base station is varied significantly among mobile terminals and this must be taken into consideration.

[0015]

Under the circumstances, it is an object of the present invention to provide a positioning system that enables a mobile terminal to locate the position of itself with use of a method simplified more than any conventional one.

[0016]

SUMMARY OF THE INVENTION

In order to achieve the object, the positioning system of the present invention, which is used to calculate a position of each mobile station in a mobile communication system that employs the CDMA method for communications among a plurality of base stations, calculates a position of the mobile terminal according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of the base stations, obtained by subtracting a sending time difference

predetermined for each of a plurality of the base stations from each of the same series spread spectrum signals received from a plurality of the base stations.

[0017]

The mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of the base stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of the respective spread spectrum signals received from a plurality of the base stations; a plurality of delaying means used to delay this correlation value respectively; a plurality of comparing means used to compare among a plurality of the delayed signals received from a plurality of the delay means respectively; counting means used to count a receiving time of a spread spectrum signal that is over a predetermined energy among the delayed signals compared by those comparing means.

[0018]

The mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of the base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station.

[0019]

Each correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from the mobile station.

[0020]

The mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of the base stations, increases the length of a spread code used to detect other spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals.

[0021]

The mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference predetermined for each base station and the position information of the base station further includes;

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of the base stations, thereby detecting a demodulation timing; shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of the base stations, obtained from the data demodulated by the demodulating means; received signal detecting means that detects a receiving time of each of the spread spectrum

signals; timing extracting means that finds a reference timing of received signals according to a demodulation timing received from the demodulating means, a sending time difference received from the shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from the received signal detecting means; base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of the base stations from the reference timing of received signals extracted by the timing extracting means respectively; and positioning means that calculates a position of each of a plurality of the base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of the base stations, received from the timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of the base stations received from the base station coordinate outputting means.

[0022]

Here, a sync channel used to send cycle information of the spread spectrum signal from each of a plurality of base stations, a paging channel used to send channel assignment information, or a positioning-dedicated channel is used for sending the message that includes both spread spectrum signal sending time difference and coordinate

information of the predetermined base station and each of the base stations in its neighborhood.

[0023]

The data rate of the positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised.

[0024]

Coordinate information of the predetermined base station is sent as is while only a difference from that of the predetermined base station is sent from the respective base stations in the neighborhood of the predetermined base station.

[0025]

An error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood.

[0026]

An access channel in a communication channel from the mobile station to a base station is used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0027]

The mobile station uses the access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0028]

In this case, the communication channel from the mobile station to the base station is provided with a positioning result sending channel used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station.

[0029]

The data rate of the spread spectrum signal sent from the mobile station is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised.

[0030]

The mobile station uses a frequency channel that is not used for the mobile communication system so as to send position information of the mobile station to a plurality of the base stations belonging to the mobile communication system, the positioning-dedicated management station, or a plurality of the base stations belonging to an existing network.

[0031]

[Function]

The present invention makes it easy to locate a mobile station according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of those base stations from each of the same series spread spectrum signals received from those base stations.

[0032]

[Preferred Embodiments]

Hereunder, the preferred embodiments of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings.

[0033]

Fig.1 shows a schematic block diagram of a positioning system of the present invention with respect to how signals are sent from respective base stations. When a mobile station makes an attempt to locate its position, the mobile station must receive signals at least from three base stations. However, the more the locating accuracy is improved, the more the number of base stations from which signals can be received increases. In Fig.1, therefore, four base stations are provided and the coordinates of the mobile terminal 5, the base stations 1, 2, 3, and 4 are

assumed as (x, y, z) , (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) , and (x_4, y_4, z_4) respectively.

[0034]

Fig.2 shows a schematic block diagram of a transmitter of each base station. In the CDMA method digital mobile communication system for which the positioning system of the present invention applies, for example, in a so-called digital cellular system, signals are sent/received among a plurality of base stations and each of the spread spectrum signals used in the sending/receiving operation includes a time delay preset for respective base stations from a reference sending timing, concretely a so-called pilot PN offset. Four types of code channels (pilot channel, sync channel, paging channel, and traffic channel) are prepared for the signals to be sent from respective base stations to each mobile station (forward link) in this CDMA method digital mobile communication system. The pilot channel is used to send PN codes repetitively and synchronize a base station with the mobile terminal 5, keep the synchronization, and regenerate a clock. The pilot channel is not used to send data. The sync channel is used to make the time information and the long cycle PN code match between respective base stations and the mobile terminal 5. The paging channel is divided into seven types in maximum and used to send information necessary for hand-off operation,

information for calling a terminal at the time of receiving an incoming call, response information from a base station at the time of making a call, and send traffic channel assignment information. There are a maximum of (63 - the number of sync channels - the number of paging channels) for the traffic channel used to send voice information at the time of talking.

[0035]

In the CDMA method digital mobile communication system, a spread code to be multiplied by the four types of channel data is changed, multiplexed, then sent with the same frequency. In this system, a spread code is obtained by multiplying a PN code by a Walsh code in an orthogonal function series. This Walsh code is changed to generate each of the channels.

[0036]

At first, a PN code generated by a PN code generator 6 is sent to multipliers 7, 8, 10, and 12 respectively. The value of the Walsh code used for the pilot channel is always zero (0) and the PN code is thus sent to a channel adder 14 as pilot channel data as is via the multiplier 7. Consequently, the mobile terminal 5 comes to detect the timing of a spread code of the pilot channel so as to detect a PN code received from respective base stations. Sync channel data is multiplied in the multiplier 9 by a value

obtained by multiplying a Walsh code (value: 32) by a PN code in the multiplier 8. Paging channel data is multiplied in the multiplier 11 by a value obtained by multiplying a Walsh code (value: 1) by a PN code in the multiplier 10. Traffic channel data is multiplied in the multiplier 13 by a value obtained by multiplying a Walsh code (value: n) by a PN code in the multiplier 12. The pilot channel data, as well as other channel data multiplied in the multipliers 9, 11, and 13 are sent to the channel adder 14, then sent to the modulator of each base station.

[0037]

The mobile terminal 5 selects a Walsh code number, thereby demodulating the data of a desired code channel other than the pilot channel. Unlike the mobile communication systems of other methods, in the CDMA method digital mobile communication system, the same frequency is used in adjacent areas, that is, in all the base stations including the service areas. Consequently, a receiver, when it can receive data of a frequency channel, can detect PN codes from a plurality of base stations. This system is thus very efficient for positioning. In addition, each base station is assigned a unique delay time from a reference timing referred to as a pilot PN offset and each base station sends its PN code delayed by the pilot PN offset. As a result, a receiver can separate/demodulate any signals

multiplexed with such a time different in the spread spectrum communication, thereby it becomes possible for a mobile terminal to detect the PN codes from a plurality of base stations.

[0038]

Next, a mobile terminal assumed as a receiver will be described. For a positioning system that employs the CDMA method digital mobile communication system, a mobile terminal receives and detects the pilot channel data sent from respective base stations. Fig.3 shows a schematic block diagram of a detection circuit of the mobile terminal, used to detect the pilot channel data from those base stations.

[0039]

The signal from a base station is entered to a receiver 16 via an antenna 15 of the mobile terminal. The receiver 16 down-converts the received signal frequency to a frequency optimized to a matched filter 17, detected, then entered to the matched filter 17. The matched filter 17 calculates a correlation value with the predetermined code string, that is, the PN code and obtains an output signal in accordance with the correlation.

[0040]

Fig.4 shows an output from a USA CDMA method digital mobile communication system as an example of the output from

the matched filter 17. The cycle of the PN code output from this CDMA method digital mobile communication system is about 26.7ms. The matched filter 17 also makes the output at the same cycle to correspond to a specific base station. Each of other base stations sends its PN code delayed by a predetermined sending time difference, concretely by a so-called pilot PN offset. This pilot PN offset means a time delay preset for each base station uniquely from a reference timing for sending spread spectrum signals. Consequently, the output from the matched filter 17 is also detected at a delay by the pilot PN offset. The reason why each of the outputs S1 and S2 corresponding to each of the base stations 1 and 2 has a plurality of peaks here is that a so-called multi-path is generated by a plurality of reflected waves and each PN code is detected at a delay by a difference among the sending path lengths.

[0041]

Fig.5 shows a second schematic block diagram of the circuit that detects the pilot channel sent from each base station. The signal from a base station is received by a receiver 21 via an antenna 20 and down-converted and wave-detected there, then entered to a multiplier 22. On the other hand, the PN code generated by a PN code generator 23 is entered to the multiplier 22 and multiplied by the received signal there. This multiplied signal is then

entered to an integrator 24 and added to the result of the integration there. The integrator 24 integrates each input signal after it is reset by a reset signal from a control circuit 26 and its output is held by the control circuit 26 in a hold circuit 25, thereby a correlation result is obtained. This correlation result is an instantaneous correlation value. To obtain a result of one cycle of PN codes, therefore, the output of the PN code generator 23 is time-shifted so as to repeat the operation for obtaining the series of correlation values. The signal entered to the PN code generator 23 from the control circuit 26 at this time is used to control time-shifting of the PN code. Although the use of this detection circuit enables the configuration shown in Fig.3 to make the same output, it takes a lot of time to obtain a result of one cycle of PN codes. In spite of this, this method has an advantage that the circuit can be reduced in size.

[0042]

Next, the positioning method of the present invention will be described. In this method, sending times of signals from the base stations 1, 2, 3, and 4 to the mobile terminal 5 are assumed as tp_1 , tp_2 , tp_3 , and tp_4 . Each of the base stations 1 to 4 sends its PN code delayed by a predetermined pilot PN offset. The delay times of their PN codes are assumed as ts_1 , ts_2 , ts_3 , and ts_4 . When a base station sends

its PN code with no delay, the sending time is assumed as t_0 and the times at which the mobile terminal 5 of a mobile station receives PN codes from the base stations 1 to 4 are assumed as t_1 , t_2 , t_3 , and t_4 .

[0043]

Consequently, the distance between each of the base stations 1 to 4 and the mobile terminal 5 is equal to a value obtained by multiplying the sending time by the wave speed, that is, the light speed. The following expressions (1) to (4) are thus obtained. It is also assumed here that the PN codes from the four base stations can be detected.

[0044]

$$(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2=(tp_1 \times c)^2 \dots (1)$$

$$(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2=(tp_2 \times c)^2 \dots (2)$$

$$(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2=(tp_3 \times c)^2 \dots (3)$$

$$(x-x_4)^2+(y-y_4)^2+(z-z_4)^2=(tp_4 \times c)^2 \dots (4)$$

Here, "c" denotes the light speed.

[0045]

In the expressions (1) to (4), seven values of x , y , z , tp_1 , tp_2 , tp_3 , and tp_4 are unknown. The time at which each of the base stations 1 to 4 sends the initial part of its PN code becomes as follows; t_0+ts_1 , t_0+ts_2 , t_0+ts_3 , and t_0+ts_4 . Because a predetermined sending delay is added to each of those times at which the mobile terminal 5 receive the PN codes, the result becomes as follows; $t_0+ts_1+tp_1$, $t_0+ts_2+tp_2$,

$t_0+ts_3+tp_3$, and $t_0+ts_4+tp_4$. At this time, because the processing time in the mobile terminal 5 is set off, it is omitted from the times respectively.

[0046]

For the mobile terminal 5 in the CDMA method digital mobile communication system, time adjustment is not done precisely. Therefore, the mobile terminal 5 cannot decide the time t_0 . The mobile terminal 5 can thus count only an arrival time difference of the PN code from each base station as shown in Fig.6. For example, the time differences with which the mobile terminal 5 receive the PN codes from the base stations 2 to 4, when the base station 1 is assumed as the reference station, are calculated by the following expressions (5) to (7) as shown below.

[0047]

$$dt_2=t_2-t_1=t_0+ts_2+tp_2-(t_0+ts_1+tp_1)=ts_2-ts_1+tp_2-tp_1 \dots (5)$$

$$dt_3=t_3-t_1=t_0+ts_3+tp_3-(t_0+ts_1+tp_1)=ts_3-ts_1+tp_3-tp_1 \dots (6)$$

$$dt_4=t_4-t_1=t_0+ts_4+tp_4-(t_0+ts_1+tp_1)=ts_4-ts_1+tp_4-tp_1 \dots (7)$$

[0048]

As described above, because the number of unknowns are seven, they can be solved by seven expressions, which are the expressions (5) to (7) and the expressions (1) to (4) described above. When the mobile terminal 5 detects PN codes from five or more base stations, the least squares method, etc. can be used to solve the unknowns. The positioning

accuracy can thus be improved more than when there are four base stations.

[0049]

Fig.7 shows a schematic circuit diagram of a PN code detection circuit for deciding an arrival timing of each spread spectrum signal. When the mobile terminal 5 receives a PN code, a PN code correlator 30 calculates a correlation value with the PN code, then outputs the correlation value. Concretely, this correlator 30 uses a circuit as shown in Fig.3 or Fig.5. It is assumed that a correlation value output from this PN code correlator 30 is b, a signal delayed from this correlation value in a delay circuit 31 is c, and a signal further delayed from this delayed signal b in a delay circuit 32 is a. A threshold value is assumed as d. Then, the peak point is detected on the conditions of $a < b$ and $c < b$ with use of comparators 33 and 34, then signals over a certain level are detected on the conditions of $b > d$ with use of a comparator 35 and passed through an AND circuit, thereby the result is entered to a write control circuit 37 as an enable signal EN_1 used to record a clock time. On the other hand, the value of the clock or timer 39 is entered to the write control circuit 37. The write control circuit 37, when all of the input signal EN_1 , which is the enable signal, as well as input signals EN_2 and EN_3 (to be described later) are high in level, outputs a write signal WR and

records the value received from the clock 39 on a recording medium 38 composed of a memory, etc.

[0050]

The receiver of the CDMA method digital mobile communication system is a RAKE receiver. In any of the conventional mobile communication systems, a multi-path has disturbed the communication. In the case of the spectrum spreading technique employed for the CDMA method digital mobile communication system, however, each receiver can spread the spectrum of spread spectrum signals inversely by adjusting the timing of the PN code to each reflected wave even when such a multi-path exists, thereby demodulating each reflected wave separately. The error rate can thus be lowered by demodulating and synthesizing multi-paths.

Consequently, the CDMA method digital mobile communication system is making an attempt to employ a stronger multi-path. In other words, when there is a multi-path and a plurality of peaks are detected in a PN code detector, signals are demodulated in the order of stronger energies.

[0051]

On the contrary, the positioning system of the present invention uses the receiving time of the earliest arrival reflected wave in a plurality of multi-paths from base stations. In the positioning system, it is important to know the direct distance between each base station and a subject

mobile terminal. The smaller the delay of the path is, the more the wave from the base station becomes close to a direct wave. This is why a value obtained by multiplying the sending time by the light speed becomes closer to the direct distance between the base station and the mobile terminal.

[0053]

Fig.8 shows a schematic block diagram of a receiver that receives the earliest arrival reflected wave in the multi-path. The PN code detector 40 is identical to the circuit shown in Fig.7. As shown in Fig.9, the output OD from a PN code detector 40 appears collectively for each base station due to the multi-path. Consequently, in order to detect each reflected wave from this multi-path, a range is decided for each base station and reflected waves are checked only in the range. This can omit checks in unnecessary ranges. The PN code detector 40 receives signals denoting a detection period IP shown in Fig.9 respectively as an input signal EN_2 , thereby recording only the peak point in the decided range. On the other hand, the output from the D flip-flop 41 is inverted in the NOT circuit 42 and this inverted signal is entered to the PN code detector 40 as an input signal EN_3 . The output from this D flip-flop is driven into the low level due to the reset signal RE generated at the initial part of the detection period IP, thereby the peak point is detected in the

detection period IP. After that, the output is driven into the high level when a write signal WR is generated and recording is inhibited thereafter. This is why only the receiving time of the peak point at the initial part of the detection range is recorded. The PN code correlator as shown in Fig.5 outputs a PN code correlation value in the reverse direction from the output shown in Fig.9 in the viewpoint of the time when the correlator is operated forward at the timing of the PN code generated in this PN code correlator. In this case, there is no need to use the input signal EN₃. In other words, when the peak point is detected again in the same range, it may be overwritten.

[0053.]

As described above, when a mobile terminal is required to detect all the PN codes included in the pilot channels from the four base stations, the terminal is also required to detect weak PN codes sent from faraway stations. The use of the PN code correlator shown in Fig.5, however, eliminates the increase of the circuit in size even for longer PN codes (received from faraway base station). The length of the PN codes to be correlated can thus be changed easily. In spite of this, a lot of time is still taken to check the detection period of each of the base stations in a general way while weak PN codes sent from faraway base stations can be detected if the PN codes to be correlated

are extended in length. To avoid the problem, the length of PN codes is not extended so much for detecting those PN codes. As a result, it comes to be possible to calculate the position of a mobile terminal if the PN codes from four base stations are detected. When the number of base stations is less than four, the length of their PN codes can be extended for checking signals in ranges in which no detection has been done, thereby PN codes from faraway base stations can be detected without taking a lot of time. In addition, another method to be described later can be employed to hold the pilot PN offset and the position information of each base station on the assumption that a mobile terminal exists around a base station that outputs a strong signal. It is thus possible to select each base station that may be detected according to the distance of each base station from the base station existing around this mobile terminal, thereby limiting the detection period and changing the length of the PN code of each base station for correlation and shorten the detection time or improve the detection performance, that is, the sensibility.

[0054]

While a description has been made for a method for recording the receiving time of the earliest arrival reflected wave in a multi-path from a base station, as well as a method for improving the detection performance by

extending the length of the PN code to be correlated, the extension of the length of the PN code to be correlated is indispensable to find a reflected wave as early as possible even when the signal is weak in strength. When the PN code is kept extended in length, however, it takes too much time for detecting the PN code. In order to avoid the problem, therefore, the PN codes are detected at first by extending the length of PN codes just within a range in which the detection can be saved. Then, the length of PN codes is extended in a short period just before the detection timing, thereby detecting PN codes again and earlier arrival reflected waves. Consequently, it comes to be possible to detect earlier PN codes that are weak in signal strength. In addition, the length of those PN codes may be extended to detect the PN codes again, thereby finding earlier arrival reflected waves when a mobile terminal can count the receiving time of the PN code from each of four base stations and the unknowns can be solved over a normal range by using the expressions (1) to (7) to calculate the position of the mobile terminal or when the mobile terminal can obtain the receiving times of the PN codes from five or more base stations and decide the error to become large if solutions are found by using the least squares method, etc.

[0055]

As described above, when the position of each base station is known, it is possible to calculate and locate the position of a mobile terminal. In the CDMA method digital mobile communication system, however, no mobile terminal is provided with means for knowing the position of any of base stations, so that the mobile terminal must be provided first with the new means. This is why the mobile terminal of the present invention is provided with a built-in conversion table used to calculate and locate the position of each base station according to the pilot PN offset predetermined for the base station.

[0056]

Fig.10 shows the first schematic circuit diagram of a receiver of a mobile terminal. After the mobile terminal is powered or reset, a PN code detector 52 composed as shown in Fig.7 checks the PN code timing and sends the result to a sync channel demodulator 50. The sync channel demodulator 50 adjusts the PN code to the entered timing, thereby demodulating the sync channel data. The base station information is already sent to the sync channel and the information includes the pilot PN offset of the base station. A PN time shift amount extraction circuit 51 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to a PN code timing extraction circuit

53 prepared for each base station. On the other hand, the PN code detector 52 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit of each base station. The extraction circuit 53 detects the reference timing from the demodulation timing of the PN code generated by the sync channel demodulator 50 and the pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 51, thereby identifying each of the pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ... from respective base stations, which are detected from the detection result of the PN code detector 52 respectively. The circuit 53 also supplies those pilot PN offset values to a base station coordinate output circuit 54 and base station pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ..., as well as the receiving times t_1 , t_2 , ... to a position calculation circuit 55 respectively. Receiving the PN code pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 54 supplies the coordinates of the base station to the position calculation circuit 55. The position calculation circuit 55 then calculates the position of the mobile terminal from the base station pilot PN offset values ts_1 , ts_2 , ..., the receiving times t_1 , t_2 , ..., and the base station coordinate information (x_1, y_1, z) , (x_2, y_2, z_2) , then outputs the result.

[0057]

Next, the second schematic block diagram of the receiver of the mobile terminal will be shown in Fig.11. This second embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal receives coordinate information, which is position information, from each base station via the sync channel. Each base station uses the sync channel for sending not only its pilot PN offset, but also both pilot PN offset and coordinate information of each base station in its neighborhood.

[0058]

Fig.12 shows a format of a message to be sent from a base station to a mobile station in the CDMA method digital mobile communication system. This message is composed of a message body MB and an error check bit EC. The message body MB is composed of a message length ML, a message type MT, and data DT. In the message type MT of this message, both base station pilot PN offset and coordinate information of a base station are assigned newly so that the use of the sync channel is enabled for sending the data to the mobile terminal.

[0059]

After the mobile terminal is powered or reset, the mobile terminal checks the timing of a PN code with use of a PN code detector 62 and sends the result to a sync channel demodulator 60. The sync channel demodulator 60 adjusts the

PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data. The sync channel has already received the information of the base station, which includes the pilot PN offset. The PN time shift amount extraction circuit 61 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 63 of each base station. The base station coordinate information extraction circuit 66 then extracts the coordinate information of a base station corresponding to the pilot PN offset from the demodulated sync channel data and supplies the extracted information to a base station coordinate output circuit 64. Consequently, the base station coordinate output circuit 64 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 62 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 63 of each base station. The PN code timing extraction circuit 63 of each base station detects the reference timing from the PN code timing generated by the sync channel demodulator 60 and the pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 61, thereby identifying the pilot PN offset values ts_1 , ts_2 ,... of the base stations, detected from the detection results by the PN code detector 62 and supplies those identified

pilot PN offset values to the base station coordinate output circuit 64. The circuit 63 also supplies the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 65. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 64 supplies the coordinate information of the base station to the position calculation circuit 65. The position calculation circuit 65 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the PN codes from the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ of the base stations, then outputs the result.

[0060]

Next, Fig.13 shows the third schematic block diagram of the receiver of the mobile terminal. This third embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal receives coordinate information from each base station via an existing paging channel. The base station uses the paging channel to send not only its pilot PN offset, but also both pilot PN offset and coordinate information of each base station in its neighborhood. After the mobile terminal is powered or reset, the PN code detector 72 checks the timing of the received PN code and sends the result to the sync channel demodulator 70. The sync channel

demodulator 70 then adjusts the PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data. The sync channel has already received the information of the base station that includes the pilot PN offset. The PN time shift amount extraction circuit 71 extracts the pilot PN offset of the base station from the demodulated sync channel data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 73 of the base station.

[0061]

The paging channel demodulator 77 demodulates the paging channel and the demodulated paging channel data is supplied to the base station coordinate information extraction circuit 76. The base station coordinate information extraction circuit 76 extracts the coordinate information of the base station corresponding to a pilot PN offset and supplies the extracted information to the base station coordinate output circuit 74. Consequently, the base station coordinate output circuit 74 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 72 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 73 of each base station. The PN code timing extraction circuit 73 detects the reference timing from the timing of the PN code generated by the sync channel demodulator 70 and the pilot PN offset received from

the PN time shift amount detection circuit 71, thereby identifying the pilot PN offset values of the base stations ts_1, ts_2, \dots . Each of the identified PN offset values is supplied to the base station coordinate output circuit 74. The circuit 73 also supplies the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of those base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 75. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 74 supplies the coordinate information of the base station to the position calculation circuit 75. The position calculation circuit 75 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) \dots$ of the base stations, then outputs the result.

[0062]

Next, a description will be made for the fourth schematic circuit diagram of the receiving circuit of the mobile terminal shown in Fig.14. This fourth embodiment differs from the first embodiment in that the mobile terminal uses the coordinate information of each base station received via a newly provided positioning data channel. Each base station uses the newly provided positioning data channel to send not only the pilot PN offset of itself, but also both pilot PN offset and coordinate

information of each of the base stations in its neighborhood. In the second and third embodiments, existing channels employed for the CDMA method digital mobile communication system are used, so that this might affect the CDMA method digital mobile communication system adversely. In other words, in the case where a new message is adopted for a channel of the CDMA method digital mobile communication system while the CDMA method digital mobile communication system is running, mobile terminals that are already sold may be confronted with troubles and it cannot guarantee that those existing mobile terminals are prevented from such troubles when they ignore the new message. This problem can be solved, however, by preparing a dedicated data channel to be used to reduce the possible adverse influence to be exerted on the CDMA method digital mobile communication system.

[0063]

After the mobile terminal is powered or reset, the PN code detector 82 checks the timing of a received PN code and sends the result to the sync channel demodulator 80. The sync channel demodulator 80 adjusts the PN code to the timing, thereby demodulating the sync channel data, which already receives the information of the base station, which includes the pilot PN offset. The PN time shift amount detection circuit 81 extracts the pilot PN offset of the base

station from the demodulated data. The extracted pilot PN offset is supplied to the PN code timing extraction circuit 83 of each base station. The position-dedicated channel demodulator 87 demodulates the positioning-dedicated channel, thereby the positioning-dedicated channel data is supplied to the base station coordinate information extraction circuit 86. The base station coordinate information extraction circuit 86 then extracts the coordinate information of the base station corresponding to the pilot PN offset and supplies the extracted information to the base station coordinate output circuit 84. Consequently, the base station coordinate output circuit 84 can have a table that holds both pilot PN offset and coordinate information of each base station. On the other hand, the PN code detector 82 supplies the correlation value of each timing to the PN code timing extraction circuit 83 of each base station. The PN code timing extraction circuit 83 of each base station then detects the reference timing from the timing of each PN code generated by the sync channel demodulator 80 and each pilot PN offset received from the PN time shift amount detection circuit 81, thereby identifying each of the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations from the detection results of the PN code detector 82. The circuit 83 then supplies the identified pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots to the base

station coordinate output circuit 84, then the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of those base stations and the receiving times t_1, t_2, \dots to the position calculation circuit 85. Receiving the pilot PN offset of a base station, the base station coordinate output circuit 84 supplies the coordinate information to the position calculation circuit 85. The position calculation circuit 85 then calculates the position of the mobile terminal from the pilot PN offset values ts_1, ts_2, \dots of the base stations, the receiving times t_1, t_2, \dots , and the coordinate information $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ of those base stations, then outputs the result.

[0064]

In the fourth embodiment, a base station lowers the bit rate when sending both pilot PN offset and coordinate information of itself, as well as those of other base stations in its neighborhood by using a newly provided positioning data channel and raises the spreading rate when spreading a spectrum signal, thereby suppressing the sending power of the positioning data channel and minimizing adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA method digital mobile communication system, thereby preventing the system capacity from reduction, etc. A data rate of spread spectrum signals may be small, since the data (pilot PN shift amount and position information)

to be sent by the positioning data channel is not so much, which is just for 10 to 20 base stations; the initialization time of the mobile terminal is less restricted than the telephone terminals of mobile communication systems; and those information items are all fixed values. Concretely, the total amount of those information items will be about 500 bits. The data rate of spread spectrum signals will thus become 100 bps or under when it is allowed to take several seconds for transferring those signals. While the spectrum spreading rate of the CDMA method digital mobile communication system is about 100 to 300 times, the rate of the positioning-dedicated channel, when it is raised to 10000 times or over, can be lowered to a several tenths or a hundredth or under depending on the data rate when compared with the sending power of existing channels. Therefore, the original CDMA method digital mobile communication system will not be affected almost at all.

[0065]

When a sync channel is used in the second embodiment, when a paging channel is used in the third embodiment, and when a newly provided data channel is used in the fourth embodiment to send both pilot PN offset and position information of each base station respectively, the base station should send its position data completely and send only a difference from the position data with respect to

those of each of other base stations in its neighborhood. This can suppress the total amount of the data to send. For example, 65 bits are needed to represent a position of a base station precisely in units of one meter in scale with station coordinates (latitude, longitude, and height). On the contrary, only 43 bits are needed if, for example, a base station in the neighborhood is represented at a difference within a range of +10 to -10 minutes for both latitude and longitude and at a difference within a range of +1000 to -1000 for the height.

[0066]

In the second to fourth embodiments, if each base station sends both pilot PN offset and position information of itself while the number of existing base stations is n , the base station is required to send data DT_1 and check bit CB_1 of itself, then both base station data and check bit of each of those n base stations in the order of base station data DT_2 , check bit CB_2, \dots , base station data DT_n , and check bit CB_n . Such way, an error detection or error correction code is added to information of each base station. At this time, what the mobile station needs is the pilot PN offset and the position information of each base station of which PN code is detected; the mobile terminal is not requested to receive those information items from all base stations correctly. As well known, error occurrence cannot be

avoided during data sending in mobile communications. When the bit error rate is fixed and data increases in length, the error occurrence rate also rises. Consequently, the error occurrence rate should be lowered by reducing a data unit to which an error detection or error correction code is to be added. The mobile terminal is then enabled to make positioning if it can receive the information of each base station of which PN code is detected completely.

[0067]

So far, a description has been made for a method that uses a CDMA method digital mobile communication system for positioning, thereby the mobile terminal can locate the position of itself in each of the embodiments. The method, however, cannot supply services such as the RDSS (Radio Determination Satellite Service) without modification. For example, when a transportation company center makes an attempt to manage the position of each of its trucks, the mobile terminal is requested to send the positioning result to the center by using some means. In such a case, it is one of possible methods to be thought of to use an access channel employed for the CDMA method digital mobile communication system to prepare means for transferring positioning data.

[0068]

Fig.16 shows a schematic block diagram of a receiver channel. A spread spectrum signal received via an antenna 96 is divided by a receiver 95 into signals so as to be sent to modulators via a plurality of channels. The access channel is used to send a calling request when a telephone terminal of a mobile communication system makes a call and send a response message to a message from a base station that uses the paging channel. Because several access channels are prepared for each paging channel, the channel data is sent to an access channel demodulator 90, an access channel demodulator 91, etc. of each channel so as to be demodulated there. The format of this access channel data is composed of a message length ML, a message body MB, and an error check bit EC as shown in Fig.17. The message body MB is composed of a message type MT, a positioning data number DD, and positioning data DA. A message for transferring position information is assigned to this message type MT so that positioning data can be transferred.

[0069]

Fig.18 shows a block diagram of a positioning system that uses access channels. The mobile terminal 5 sends a positioning result to a base station via an access channel. This signal might also be received by a plurality of base stations, however. For example, a signal received by base stations 1, 2, and 3 is sent to a control station 100 and

duplicate data is deleted there according to the positioning data number DD included in the positioning data, then transferred to the user station (101, 102, and 103). [0070]

As described above, when an access channel is used, error occurrence is expected when the access channel is used for both of a telephone terminal of a mobile communication system and a positioning mobile terminal of the present invention. In order to avoid the trouble, therefore, the telephone terminal of the mobile communication system, because it uses a talking channel referred to as a traffic channel during talking, uses a traffic channel to transfer positioning data during the talking and uses an access channel to transfer positioning data when in the waiting state. This is why the present invention can realize a terminal usable as both a telephone terminal of the CDMA method digital mobile communication system and as a mobile terminal of a positioning system commonly. The format of the traffic channel is the same as that of the access channel shown in Fig.17. The schematic configuration of the receiver channel is the same as that shown in Fig.16. And, because there are several traffic channels for each paging channel just like the access channel, data is sent to a traffic channel demodulator 92 and a traffic channel

demodulator 93 of each traffic channel,... so as to be demodulated there respectively.

[0071]

When an access channel or traffic channel employed for the CDMA method digital mobile communication system is used for transferring positioning data, telephone terminals of mobile communication systems might be affected adversely by the use. In order to avoid the problem, therefore, a positioning-dedicated channel may be prepared. The format of the positioning-dedicated channel is not necessary be the same as that of any of existing channels of the CDMA method digital mobile communication system; it is only required to prepare positioning data numbers. In addition, a positioning-dedicated channel demodulator 94 is included in the receiver side channel configuration as shown in Fig.16. A positioning system that uses a positioning-dedicated channel is the same as that shown in Fig.18; the mobile terminal 5 sends positioning results via the positioning-dedicated channel. This signal might also be received by a plurality of base stations, however. The received signal is therefore sent to the control station 1 so that duplicated data is deleted from the received signal according to the positioning data number included in the positioning data, then transferred to the user station (101, 102, and 103).

[0072]

When the positioning-dedicated channel is used such way, the bit rate is lowered to raise the spreading rate of the spread spectrum signals and reduce the sending power, thereby minimizing an adverse influence to be exerted on the telephone terminals of mobile communication systems.

[0073]

In this case, however, it is expected that both communication quality and system capacity are degraded due to an adverse influence exerted on those telephone terminals of mobile communication systems when a positioning mobile terminal makes an attempt to send data frequently. This is because the positioning-dedicated channel uses the same frequency as those of existing channels of the CDMA method digital mobile communication system. The problem is avoided, however, by using a communication network independent of the CDMA method digital mobile communication system is used as a channel for transferring positioning data. There is no need to use the same format as that of the CDMA method digital mobile communication system for the messages of the channel, but at least positioning data numbers are needed. The configuration of the positioning system that uses such a positioning data transfer channel is as shown in Fig.19. The mobile terminal 5 sends positioning results via the positioning data transfer

channel. The signals sent via the channel are received by the base station 19 of another system, then transferred from there to the user station (101, 102, and 103).

[0074]

[Effects of the Invention]

As described above, the positioning system of the present invention is used to locate a position of each mobile station in a mobile communication system that employs the CDMA method for the communication among a plurality of base stations. The positioning system enables the mobile station to locate its position easily according to a sending delay difference of a spread spectrum signal of each of a plurality of base stations, obtained by subtracting a sending time difference predetermined for each of those base stations from each of the same series spread spectrum signals received from those base stations.

[0075]

The mobile station decides a receiving timing of a spread spectrum signal by using correlation value calculating means that generates the same spread spectrum signal as those received from a plurality of the base stations and calculates a correlation value between this spread spectrum signal and each of the respective spread spectrum signals received from a plurality of the base stations; a plurality of delaying means used to delay this

correlation value respectively; a plurality of comparing means used to compare among a plurality of the delayed signals received from a plurality of the delay means respectively; counting means used to count a receiving time of a spread spectrum signal that is over a predetermined energy among the delayed signals compared by those comparing means. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0076]

The mobile station decides the shortest timing spread spectrum signal among spread spectrum signals received from a plurality of the base stations at a plurality of timings via a multi-path as a receiving time of a spread spectrum signal sent from a predetermined base station. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0077]

Each correlation value is calculated by increasing the spread code length of a spread spectrum signal received from a base station far away from the mobile station. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0078]

The mobile station, after detecting spread spectrum signals received from a plurality of the base stations, increases the length of a spread code used to detect other spectrum spread codes, thereby searching whether or not there is a spread spectrum signal of an earlier timing than the timings of already detected spread spectrum signals. It is thus possible to improve the detection performance of the PN codes of each spread spectrum signal, thereby reducing the PN code detection time.

[0079]

The mobile station provided with a table that holds a spread spectrum signal sending time difference predetermined for each base station and the position information of the base station further includes;

demodulating means that demodulates a sync channel message used to send cycle information of a spread spectrum signal received from each of a plurality of the base stations, thereby detecting a demodulation timing; shift amount extracting means that calculates a spread spectrum signal sending time difference of each of plurality of the base stations, obtained from the data demodulated by the demodulating means; received signal detecting means that detects a receiving time of each of the spread spectrum signals; timing extracting means that finds a reference

timing of received signals according to a demodulation timing received from the demodulating means, a sending time difference received from the shift value extracting means, and a receiving time of a spread spectrum signal received from the received signal detecting means; base station coordinate outputting means that finds coordinate information of each of a plurality of the base stations from the reference timing of received signals extracted by the timing extracting means respectively; and positioning means that calculates a position of each of a plurality of the base stations from both receiving time and sending time difference of each of a plurality of the base stations, received from the timing extracting means, as well as coordinate information of each of a plurality of the base stations received from the base station coordinate outputting means. It is thus possible to easily obtain position information each necessary base station for calculating a position of the mobile station.

[0080]

Here, a a sync channel used to send the cycle information of the spread spectrum signal from each of a plurality of base stations, a paging channel used to send channel assignment information, or a positioning-dedicated channel is used for sending the message that includes both spread spectrum signal sending time difference and

coordinate information of the predetermined base station and each of the base stations in its neighborhood. It is thus possible to easily obtain position information each necessary base station for calculating a position of the mobile station.

[0081]

The data rate of the positioning-dedicated channel is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised. It is thus possible to suppress adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA digital mobile communication system.

[0082]

Coordinate information of the predetermined base station is sent as is while only a difference from that of the predetermined base station is sent from each of the base stations in the neighborhood of the predetermined base station. It is thus possible to suppress adverse influences to be exerted on the original services of the CDMA digital mobile communication system.

[0083]

An error detection code or error correction code of each base station is sent together with both spread spectrum signal sending time difference and coordinate information of the predetermined base station and the respective base stations in its neighborhood. It is thus possible to make

positioning even when an error occurs in the data of a base station unnecessary for the mobile terminal.

[0084]

An access channel in a communication channel from the mobile station to a base station is used to send the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0085]

The mobile station uses the access channel when in a waiting state and uses a traffic channel prepared for sending voice information when in a busy state, thereby sending the position information of the mobile station to the base station or positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0086]

In this case, the communication channel from the mobile station to the base station is provided with a positioning result sending channel used to send the position information of the mobile station to the base station or

positioning-dedicated management station. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0087]

The data rate of the spread spectrum signal sent from the mobile station is lowered while the spreading rate of the spread spectrum signal is raised. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is calculated by the CDMA digital mobile communication system.

[0088]

The mobile station uses a frequency channel that is not used for the mobile communication system so as to send position information of the mobile station to a plurality of the base stations belonging to the mobile communication system, the positioning-dedicated management station, or a plurality of the base stations belonging to an existing network. It is thus possible to transfer positioning results to each user station from a mobile terminal whose position is located.

[Brief Description of the Drawings]

Fig.1 is a conceptual block diagram of a positioning system of the present invention.

Fig.2 is a schematic block diagram of a channel from a base station to a mobile station in the CDMA method digital mobile communication system.

Fig.3 is a schematic circuit diagram of a PN code detection circuit of the mobile terminal.

Fig.4 shows an output from the PN code detection circuit shown in Fig.3.

Fig.5 is a schematic circuit diagram of a second PN code detection circuit.

Fig.6 shows a time of each base station, detected by the mobile terminal.

Fig.7 is a schematic circuit diagram of the PN code detection circuit of the mobile terminal.

Fig.8 is a schematic circuit diagram of the PN code detection circuit of a second mobile terminal.

Fig.9 is a timing chart of the PN code detection circuit shown in Fig.8.

Fig.10 is a schematic block diagram of the mobile terminal.

Fig.11 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a sync channel.

Fig.12 is a format of a message transferred from a base station to a mobile station.

Fig.13 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a paging channel.

Fig.14 is a schematic block diagram of a mobile terminal that uses a positioning-dedicated channel.

Fig.15 is a format of a message sent from each base station.

Fig.16 is a schematic block diagram of a base station receiver of channels from a mobile terminal to base stations in the CDMA method digital mobile communication system.

Fig.17 is a format of positioning data.

Fig.18 is a schematic block diagram of a system that transfers positioning data to each user station via the positioning system of the present invention.

Fig.19 is a schematic block diagram of a second system that transfers positioning data to each user station via the positioning system of the present invention.

Fig.20 is a schematic block diagram of a digital mobile communication system.

Fig.21 is a schematic block diagram of wave sending in land mobile communication.

Fig.22 shows a relationship between a distance from a base station and a signal strength in land mobile communication.

[Explanation of Reference Numerals]

1, 2, 3, 4... Base Station

5... Mobile Terminal

6, 23... PN Code Generator

14... Channel Adder
15, 20, 96... Antenna
16, 21, 95... Receiver
17... Matched Filter
19... Base Station of Another System
30... PN Code Correlator
40... PN Code Detector
50, 60, 70, 80... Sync Channel Demodulator
51, 61, 71, 81... PN Time Shift Amount Extraction Circuit
52, 62, 72, 82... PN Code Detector
53, 63, 73, 83... PN Code Timing Extraction Circuit of Each
Base Station
54, 64, 74, 84... Base Station Coordinate Output Circuit
55, 65, 75, 85... Position Calculation Circuit
66, 76, 86... Base Station Coordinate Information Extraction
Circuit
77... Paging Channel Demodulator
87... Positioning-Dedicated Channel Demodulator
90, 91... Access Channel Modulator
92, 93... Traffic Channel Demodulator
94... Positioning-Dedicated Channel Demodulator

DRAWINGS

[FIGURE 1]

基地局 BASE STATION 1

移動端末 MOBILE TERMINAL 5

[FIGURE 2]

6: PN CODE GENERATOR

WALSH CODE 0

オールゼロ (ALL 0)

シンクチャンネルデータ SYNC CHANNEL DATA

シンクチャンネル SYNC CHANNEL

ページングチャンネルデータ PAGING CHANNEL DATA

ページングチャンネル PAGING CHANNEL

トラフィックチャンネルデータ TRAFFIC CHANNEL DATA

トラフィックチャンネル TRAFFIC CHANNEL

チャンネル加算機 CHANNEL ADDER

基地局変調機へ TO BASE STATION MODULATOR

[FIGURE 3]

受信機 RECEIVER

マッチト・フィルタ MATCHED FILTER

[FIGURE 4]

#1: ABOUT 26.7ms

[FIGURE 5]

21: RECEIVER

23: PN CODE GENERATOR

24: INTEGRATOR

26: CONTROL CIRCUIT

25: HOLD CIRCUIT

[FIGURE 7]

30: PN CODE CORRELATOR

31: DELAY

32: DELAY

33: COMPARISON $a < b$

34: COMPARISON $c < b$

35: COMPARISON $b > d$

37: RECORDING CONTROL CIRCUIT

38: RECORDING MEDIUM

39: CLOCK

[FIGURE 8]

受信信号 RECEIVED SIGNAL RX

40: PN CODE DETECTOR

プルアップ PULL-UP

リセット信号RE RESET SIGNAL

[FIGURE 9]

PN符号相関器 PN CODE DETECTOR OUTPUT OD

検出期間IP DETECTION PERIOD IP

リセット信号RE RESET SIGNAL RE

書込み信号WR WRITE SIGNAL WR

Dフリップフロップの状態 D FLIP-FLOP STATE

[FIGURE 10]

受信信号 RECEIVED SIGNAL

50: SYNC CHANNEL DEMODULATOR

シンク・チャンネル・データ SYNC CHANNEL DATA

51: PN TIME SHIFT AMOUNT EXTRACTION CIRCUIT

PN時間シフト量 PN TIME SHIFT AMOUNT

54: BASE STATION COORDINATE OUTPUT CIRCUIT

PN符号タイミング PN CODE TIMING

復調タイミング DEMODULATION TIMING

52: PN CODE DETECTOR

53: PN CODE TIMING EXTRACTION CIRCUIT OF EACH BASE STATION

55: POSITION CALCULATION CIRCUIT

移動局の位置 POSITION OF MOBILE STATION

[FIGURE 11]

受信信号 RECEIVED SIGNAL

60: SYNC CHANNEL DEMODULATOR

座標情報データ COORDINATE INFORMATION DATA

61: PN TIME SHIFT AMOUNT EXTRACTION CIRCUIT

PN時間シフト量 PN TIME SHIFT AMOUNT

64: BASE STATION COORDINATE OUTPUT CIRCUIT

PN符号タイミング PN CODE TIMING

復調タイミング DEMODULATION TIMING

62: PN CODE DETECTOR

63: PN CODE TIMING EXTRACTION CIRCUIT OF EACH BASE STATION

65: POSITION CALCULATION CIRCUIT

移動局の位置 POSITION OF MOBILE STATION

[FIGURE 12]

メッセージ長ML MESSAGE LENGTH ML

メッセージボディMB MESSAGE BODY MB

メッセージタイプMT MESSAGE TYPE MT

データDT DATA DT

エラー・チェック・ビットEC ERROR CHECK BIT EC

[FIGURE 13]

受信信号 RECEIVED SIGNAL

70: SYNC CHANNEL DEMODULATOR

シンク・チャンネルデータ SYNC CHANNEL DATA

71: PN TIME SHIFT AMOUNT EXTRACTION CIRCUIT

PN時間シフト量 PN TIME SHIFT AMOUNT

74: BASE STATION COORDINATE OUTPUT CIRCUIT

PN符号タイミング PN CODE TIMING

復調タイミング DEMODULATION TIMING

72: PN CODE DETECTOR

73: PN CODE TIMING EXTRACTION CIRCUIT OF EACH BASE STATION

75: POSITION CALCULATION CIRCUIT

移動局の位置 POSITION OF MOBILE STATION

[FIGURE 14]

受信信号 RECEIVED SIGNAL

80: SYNC CHANNEL DEMODULATOR

シンク・チャンネルデータ SYNC CHANNEL DATA

81: PN TIME SHIFT AMOUNT EXTRACTION CIRCUIT

PN時間シフト量 PN TIME SHIFT AMOUNT

84: BASE STATION COORDINATE OUTPUT CIRCUIT

PN符号タイミング PN CODE TIMING

復調タイミング DEMODULATION TIMING

82: PN CODE DETECTOR

83: PN CODE TIMING EXTRACTION CIRCUIT OF EACH BASE STATION

85: POSITION CALCULATION CIRCUIT

移動局の位置 POSITION OF MOBILE STATION

[FIGURE 15]

自局データ SELF-STATION DATA DT_1

チェックビット CB_1 CHECK BIT CB_1

基地局データ DT_2 BASE STATION DATA DT_2

チェックビット CB_2 CHECK BIT CB_2

基地局データ BASE STATION DATA DT_n

チェックビット CHECK BIT CB_n

[FIGURE 16]

90: ACCESS CHANNEL DEMODULATOR

91: ACCESS CHANNEL DEMODULATOR

92: TRAFFIC CHANNEL DEMODULATOR

93: TRAFFIC CHANNEL DEMODULATOR

94: POSITIONING-DEDICATED CHANNEL DEMODULATOR

95: RECEIVER

[FIGURE 17]

メッセージ長 ML MESSAGE LENGTH ML

メッセージボディ MB MESSAGE BODY MB

メッセージ・タイプ MT MESSAGE TYPE MT

測位データ番号 DD POSITIONING DATA NUMBER DD

測位データDA POSITIONING DATA DA

エラー・チェック・ビット ERROR CHECK BIT EC

[FIGURE 18]

基地局 BASE STATION

移動端末 MOBILE TERMINAL

100: CONTROL STATION

101-103: USER STATION

[FIGURE 19]

基地局 BASE STATION

5: MOBILE TERMINAL

100: CONTROL STATION

19: BASE STATION OF ANOTHER SYSTEM

101-103: USER STATION

[FIGURE 20]

201: AREA

基地局 BASE STATION

204: MOBILE TERMINAL

200: SWITCHING CONTROL STATION

公衆回線網 PUBLIC LINE NETWORK

203: AREA

[FIGURE 21]

基地局 BASE STATION

直接波DW DIRECT WAVE DETECTION DW

反射波RW REFLECTED WAVE RW